

PROGRAMA DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO – UHE CANA BRAVA



Tractebel Energia
GDF SVEZ

**Relatório Técnico Referente à
Campanha de Monitoramento
- Março de 2012**

EQUIPE TÉCNICA

Coordenadora do projeto

Bióloga M.Sc. Juliana Machado do Couto Curti
CRBio nº 30921/D

Trabalhos de campo e laboratório

Bióloga Dra. Priscilla de Carvalho
Bióloga Esp. Kátia Bittar Haddad
Biólogo M.Sc. Leonardo de Assis Ítalo
Biólogo Wagner Batista Xavier
Biólogo Paulício Maconi Filho
Bióloga Lívia Ferreira e Silva
Químico Brunno Misofante da Silva Gomides
Téc. Aline Caetano Luz
Biólogo Dr. Luiz Felipe Machado-Velho (Zooplâncton)
Bióloga Dra. Luzia Cleide Rodrigues (Fitoplâncton)
Bióloga M.Sc. Carolina Bussadori Piva (Zoobentos)

Sumário

1. Introdução	01
2. Resumo Executivo	01
3. Objetivos específicos do relatório	05
4. Descrição da Coleta	05
5. Coleta e Análise dos Parâmetros Físicos, Químicos e Bacteriológicos	07
5.1. Resultados e Discussão	08
6. Índice de Qualidade da Água (IQA)	24
7. Análise de mercúrio no sedimento	26
8. Comunidades Biológicas	28
8.1. Comunidade Fitoplanctônica	28
8.2. Comunidade Zooplanctônica	41
8.3. Comunidade Zoobentônica	47
9. Próximas Atividades	52
10. Referências	53
ANEXO I – Resultados obtidos no monitoramento realizado em março de 2012	57

1. Introdução

A transformação de um trecho de rio em reservatório desencadeia uma série de processos biogeoquímicos, que resultam em interferências nas características do ambiente aquático, destacando-se a instabilidade física e química e a alteração das comunidades biológicas.

Tais modificações constituem um forte impacto sobre os corpos aquáticos e, dependendo dos usos da bacia de drenagem, essas alterações podem levar a um alto grau de degradação destes reservatórios (Branco e Senna, 1994). Assim, os programas de monitoramento limnológico (que incluem as principais assembleias biológicas) são primordiais para a identificação e avaliação dos impactos ambientais causados por empreendimentos hidrelétricos.

O objetivo desse relatório é apresentar os resultados obtidos em março de 2012, no monitoramento de 13 pontos localizados no reservatório da UHE Cana Brava.

2. Resumo Executivo

Características limnológicas

Considerando que as águas do sistema monitorado são enquadradas na classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/2005, grande parte do trecho monitorado no reservatório da UHE Cana Brava, em março de 2012, apresentou resultados compatíveis com os limites preconizados pela referida resolução. As seguintes não conformidades foram observadas:

- concentração de oxigênio dissolvido menor que 5,0 mg/L nos pontos 1 (foz do córrego Florêncio) e 15 (jusante da barragem);
- densidade de coliformes termotolerantes superior a 1.000 NMP/100ml no ponto 22 (localizado no rio Bonito).

De maneira geral, houve um acréscimo nos valores de IQA registrados em março de 2012, comparando com dezembro de 2011. De maneira geral, em março de 2012 houve decréscimo nos valores de turbidez e nutrientes na coluna da água do trecho monitorado, comparando com dezembro de 2011.

Além disso, assim como observado nos meses anteriores, o rio Bonito apresentou elevadas concentrações de íons, nutrientes e coliformes totais e termotolerantes, demonstrando a influência antrópica sobre esse ambiente.

Perfil vertical

Em março de 2012, a camada superficial e de fundo apresentaram diferenças de temperatura iguais a 3,1°C no ponto 20 e 1,6°C no ponto 21. Tais diferenças foram similares àquelas registradas em março de 2011. Assim, nesse mês, pode-se observar a presença de estratificação térmica da coluna da água, principalmente no ponto 20. No entanto, a análise das concentrações de oxigênio dissolvido demonstrou valores superiores a 5,0 mg/L ao longo de toda a coluna da água dos pontos monitorados, não apresentando condições adversas para a fauna aquática, principalmente peixes.

Além disso, foi observado similaridade nos valores dos parâmetros analisados entre as profundidades de coleta, como por exemplo, pH, condutividade elétrica, turbidez e nutrientes

Características do sedimento

Em março de 2012, o sedimento analisado no reservatório da UHE Cana Brava apresentou concentrações de mercúrio abaixo do esperado para ambientes poluídos.

Comunidade fitoplanctônica

A comunidade fitoplanctônica amostrada em março de 2012 foi composta por 70 táxons, distribuídos entre nove grupos taxonômicos, sendo inferior ao verificado em setembro de 2011.

Foram verificados altos valores de riqueza de espécies na maioria dos pontos monitorados na área de influência da UHE Cana Brava, durante o período de estudo, sendo os maiores nos pontos 7 e 21, localizados no corpo do reservatório e os menores nos pontos situados nos tributários. Temporalmente os maiores valores ocorreram no período chuvoso e os menores no período seco.

Os valores de densidade e biomassa fitoplanctônica foram altos nos pontos situados na região lântica do reservatório e baixos nos pontos situados

na região lótica. De acordo com os critérios estabelecidos por Vollenweider os resultados de biovolume obtidos para o reservatório de Cana Brava em março de 2012 indicaram condições oligotróficas como verificado na maior parte do período de estudo.

Cyanobacteria foi o grupo dominante nos pontos localizados na região lântica do reservatório, devido a maior estabilidade da coluna de água. Entretanto, os táxons dominantes foram de pequenas dimensões, com baixa contribuição ao biovolume, o que permitiu o enquadramento das águas dos pontos monitorados na classe 2 ($< 5 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$), utilizando-se os critérios estabelecidos para as águas doces quanto a este parâmetro pela resolução do CONAMA n. 357/05.

Comunidade zooplanctônica

Em março de 2012, os resultados de composição do zooplâncton evidenciaram a ocorrência de 21 táxons, destacando-se, novamente neste período, os protozoários testáceos, com 9 espécies, seguidos por rotíferos com 5 táxons, cladóceros com 4 e copépodes com 3 espécies

Temporalmente, observa-se, mais uma vez, um decréscimo marcante no número de espécies para a área de estudo em março, quando comparados àqueles obtidos no período de estiagem (setembro). Assim, os resultados obtidos em março de 2012 corroboram o padrão que tem sido registrado para a área de estudo, ou seja, alterações cíclicas no número de espécies para a área de estudo, determinadas pelas variações hidrodinâmicas sazonais associadas ao regime de chuvas.

Nesse mês também foram registrados baixos valores de densidade da comunidade zooplanctônica, comparando com setembro de 2011. Espacialmente, maiores valores de densidade do zooplâncton foram registrados, novamente, nos pontos predominantemente lânticos, o ponto 21 e, especialmente, o ponto 7. Corroborando o padrão frequentemente registrado em períodos anteriores, nestes pontos predominaram os microcrustáceos, que foram, na verdade, os únicos grupos registrados nestes pontos.

Entre os ciclopídeos, a ocorrência de *Thermocyclops minutus* sugere, mais uma vez, uma boa qualidade ambiental para a área de estudo, considerando que a presença e abundância desta espécie, em relação a sua

congenérica, *T. decipiens*, ocorre preferencialmente em reservatórios de bacias preservadas.

Comunidade zoobentônica

Em março de 2012 foram identificados 16 táxons da comunidade bentônica, na área de influência do UHE Cana Brava. Foi verificada uma redução da diversidade geral em relação à registrada em setembro de 2011 (21 táxons), período seco. Essa redução já era esperada, pois pode ser atribuída à influência do período chuvoso.

Assim como observado nos meses anteriores, dentre os táxons anotados, destaca-se Chironomidae e Oligochaeta, que apresentaram as maiores abundâncias médias e frequências.

Chironomidae e Oligochaeta são táxons que se destacam na fauna bentônica de sedimentos lânticos. Além disso, na maioria dos pontos amostrados o substrato coletado foi areia fina e matéria orgânica, favorecendo a colonização desses táxons.

É importante mencionar que os táxons da comunidade bentônica registrados na área da UHE Cana Brava são comumente registrados em outros reservatórios.

3. Objetivos específicos do relatório

O conteúdo deste Relatório Técnico inclui:

- (i) descrever os métodos analíticos que foram utilizados para determinação das variáveis físicas, químicas e biológicas;
- (ii) apresentar os resultados obtidos em março de 2012, em 13 pontos de monitoramento localizados no reservatório da UHE Cana Brava e, assim, contribuir com a caracterização limnológica deste trecho;
- (iii) comparar os resultados obtidos com os limites preconizados pela Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, para águas da Classe 2;
- iv) apresentar os resultados referentes à análise de fitoplâncton, zooplâncton e zoobentos na área do reservatório da UHE Cana Brava.

4. Descrição da Coleta

A campanha de campo foi realizada entre os dias 28 e 29 de março de 2012.

Foram coletadas amostras de água, destinadas à determinação dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos em 13 pontos de coleta ao longo do reservatório. Além disso, amostras de fitoplâncton, zooplâncton e zoobentos foram coletadas em 5 locais, já monitorados anteriormente (rio Preto, rio Bonito-dentro da cidade de Minaçu, rio Bonito-região lacustre, rio do Carmo, e região próximo a barragem-P21) (**Figura 1 e Tabela 1**).

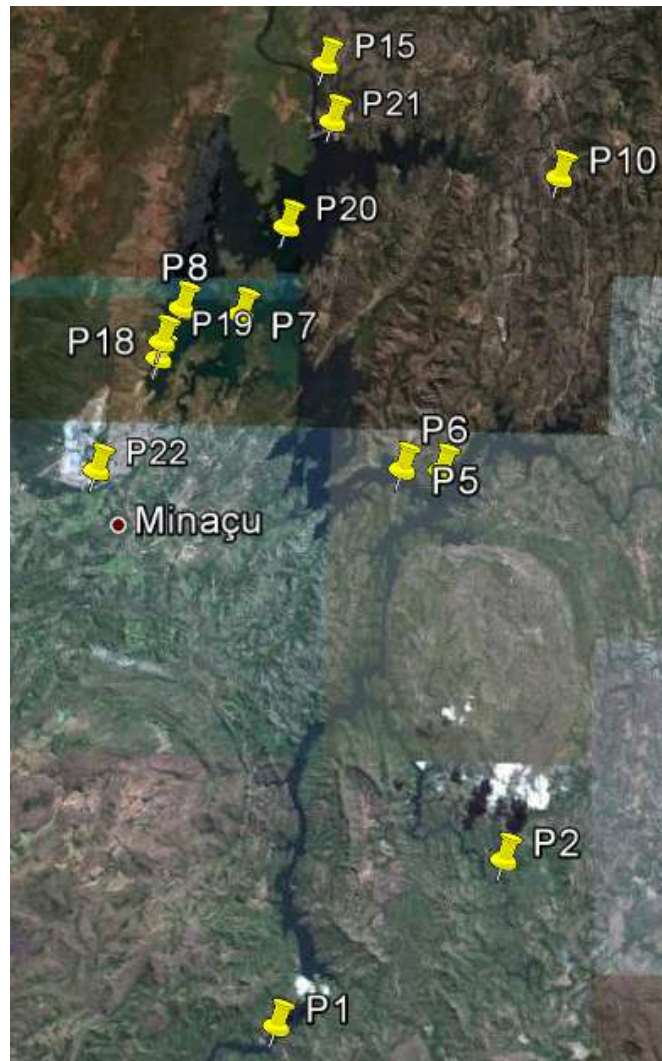


Figura 1. Pontos de coleta localizados na área de influência da UHE Cana Brava.

Tabela 1. Pontos de coleta selecionados para o monitoramento limnológico.

PONTO	LOCALIZAÇÃO	LONG.(W)	LAT.(S)	REFERENCIAL
1	Tocantins/Córrego Florêncio	48°09'09"	13° 46'23"	Montante
2	Rio Preto	48°03'36"	13°42'10"	Montante
5	Rio São Félix	48°06'27"	13°32'47"	Montante
6	Tocantins/ Foz São Félix	48°05'28"	13°32'47"	Montante
7	Rio Bonito	48°10'36"	13°29'09"	Montante
8	Córrego Varjão	48°12'05"	13°29'03"	Montante
10	Rio do Carmo	48° 02'46"	13°25'36"	Montante
15	Tocantins/Rio Cana Brava	48°09'56"	13°11'49"	Jusante
18	Praia de Minaçu - parte interna	48°12'37"	13°30'17"	Montante
19	Praia de Minaçu - parte externa	48°12'33"	13°29'53"	Montante
20	No meio do reservatório	48°09'33"	13°26'59"	Montante
21	Tocantins/Próximo à UHE Cana Brava	48°08'29"	13°24'24"	Montante
22	Rio Bonito (acima do ponto 7)	48°14'04"	13°33'03"	Montante

5. Coleta e Análise dos Parâmetros Físicos, Químicos e Bacteriológicos

Em campo, foram obtidos os valores de temperatura do ar (termômetro), pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos (STD), oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio e temperatura da água (utilizando uma sonda YSI 556). A turbidez foi obtida através de um turbidímetro digital Hach. A transparência da coluna da água foi mensurada através do disco de Secchi.

Amostras de água foram coletadas abaixo da superfície (aproximadamente 20 cm) com frascos de polietileno e acondicionadas em caixas de isopor com gelo. Parte das amostras foi filtrada em membranas Whatman GF/C. As amostras de água filtrada e não filtrada foram preservadas para posterior determinação das formas dissolvidas e totais de nitrogênio e fósforo. As amostras destinadas à análise laboratorial foram preservadas e encaminhadas para o laboratório de limnologia situado na “Life – Projetos Limnológicos”, em Goiânia para realização das análises. As variáveis limnológicas foram determinadas utilizando os seguintes métodos e equipamentos:

- Alcalinidade: titulação com ácido sulfúrico;
- Cloreto: determinado através do método de cromato de potássio e espectrofotômetro (Método 4500-Cl⁻ B, Standard Methods, 2005);
- Coliformes totais, termotolerantes e *E. coli*: método dos tubos múltiplos;
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅): consumo de oxigênio nas amostras durante uma incubação de 05 (cinco) dias, a uma temperatura constante de 20°C (Método 5210, Standard Methods, 2005);
- Ferro total: método da ortofenotrolina (Método 3500, Standard Methods, 2005);
- Fósforo total: determinado diretamente nas amostras não filtradas, sendo quantificado após a adição de reagente misto (molibdato de amônia, tartarato de antimônio e potássio e ácido ascórbico) e leitura em espectrofotômetro (882 nm);
- Orto-fosfato (fosfato solúvel reativo): determinado diretamente nas amostras filtradas, sendo quantificado após a adição de reagente misto (molibdato de amônia, tartarato de antimônio e potássio e ácido ascórbico) e leitura em espectrofotômetro (882 nm);

- Nitrato: método de redução do cádmion e leitura em espectrofotômetro a 400 nm (Método 4500-NO₃-E, Standard Methods, 2005);
- Nitrito: método colorimétrico onde o nitrito reage com o ácido sulfanílico, formando um composto que é determinado em espectrofotômetro a 507 nm (Método 4500-NO₂-B, Standard Methods, 2005);
- Nitrogênio amoniacal: método fenol, e posterior leitura em espectrofotômetro a 655 nm (Método 4500-NH₃ F, Standard Methods, 2005);
- Óleos e graxas: obtenção através de extração com um solvente (Hexano – 5520B, Standard Methods, 2005);
- Sulfato e Sulfeto: determinados através de espectrofotometria (Método 4500, Standard Methods, 2005).

5.1. Resultados e Discussão

Os resultados referentes aos parâmetros físicos e químicos estão no **Anexo I**.

5.1.1. Variáveis Abióticas

Durante o período de coleta, os valores de temperatura do ar variaram entre 27°C e 32°C (média igual a 30,7°C) (**Figura 2a**). Os valores da temperatura da água foram, em média, iguais a 29,9°C, na superfície da coluna da água (**Figura 2a**). Considerando o perfil térmico dos pontos mais profundos, localizados no interior do reservatório da UHE Cana Brava (pontos 1, 6, 20 e 21), foi possível verificar que a maior diferença nos valores de temperatura entre a superfície e o hipolímnio (3,1°C) foi obtida no ponto 20 (meio do reservatório).(**Figura 2b**). Tal diferença também foi superior àquela registrada em dezembro de 2011, onde a maior diferença nos valores de temperatura entre a superfície e o hipolímnio foi igual a 1,2°C no ponto 21.

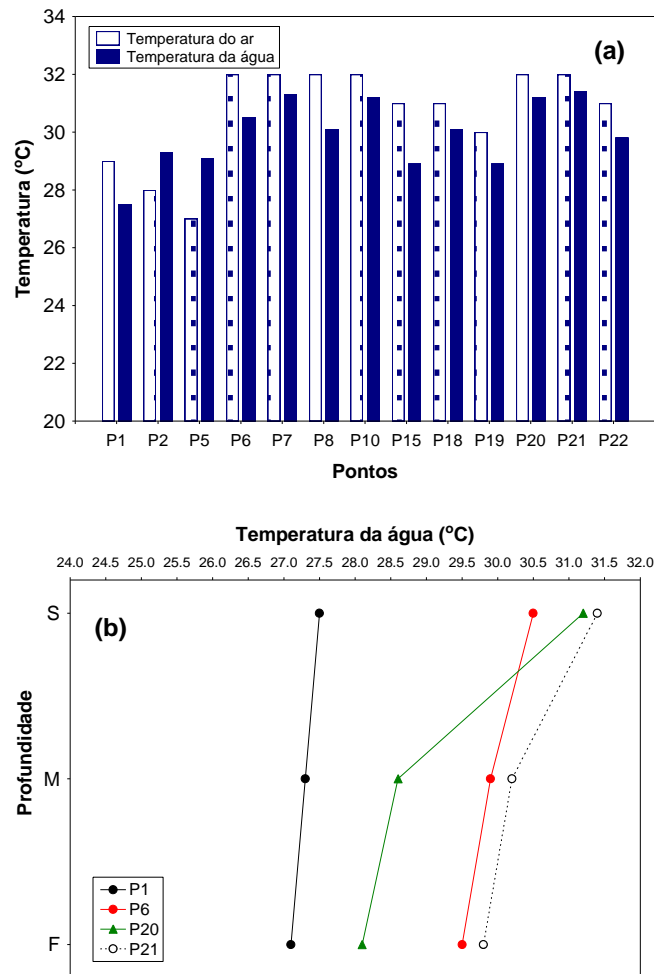


Figura 2. Valores de temperatura do ar e da água nos 13 pontos de coleta (a) e perfil vertical da temperatura da água nos pontos localizados no interior do reservatório (b), em março de 2012.

O oxigênio dissolvido é de essencial importância para os organismos aeróbicos. Sua disponibilidade no ambiente aquático depende de trocas com a atmosfera e da produção pelos organismos fotossintéticos, como fontes, e das demandas bioquímica (oxidação de matéria orgânica) e química (oxidação de íons como o ferro e o manganês), perdas para atmosfera (favorecidas pelo aquecimento da coluna d'água) e respiração de organismos aquáticos, como fenômeno de redução (Esteves, 1998).

Em março de 2012, as concentrações deste gás na superfície da coluna da água variaram entre 3,1 mg/L (ponto 1 – foz do córrego Florêncio) e 8,2 mg/L (ponto 22 – rio Bonito) (**Figura 3a**). Assim, nesse mês, os pontos 1 e 15 (localizado a jusante da barragem) apresentaram concentrações de oxigênio inferiores ao limite mínimo preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/2005

para águas da classe 2 (5,0 mg/L). A porcentagem de saturação de oxigênio também foi elevada na maior parte dos pontos de coleta (**Figura 3b**).

Em média, as menores concentrações desse gás foram registradas nas maiores profundidades de coleta (média igual a 5,75 mg/L no meio e 4,98 mg/L no fundo dos pontos de coleta) (**Figura 3c**). A análise do perfil vertical dos pontos 1, 6, 20 e 21 demonstrou um decréscimo nas concentrações de oxigênio ao longo das maiores profundidades de coleta, principalmente nos pontos 20 e 21 (**Figuras 3c e 3d**). No entanto, tais concentrações ainda foram superiores a 5,0 mg/L. Concentrações de oxigênio abaixo de 5,0 mg/L foram registradas somente no ponto 1 (foz do córrego Florêncio), ao longo de todas as profundidades de coleta.

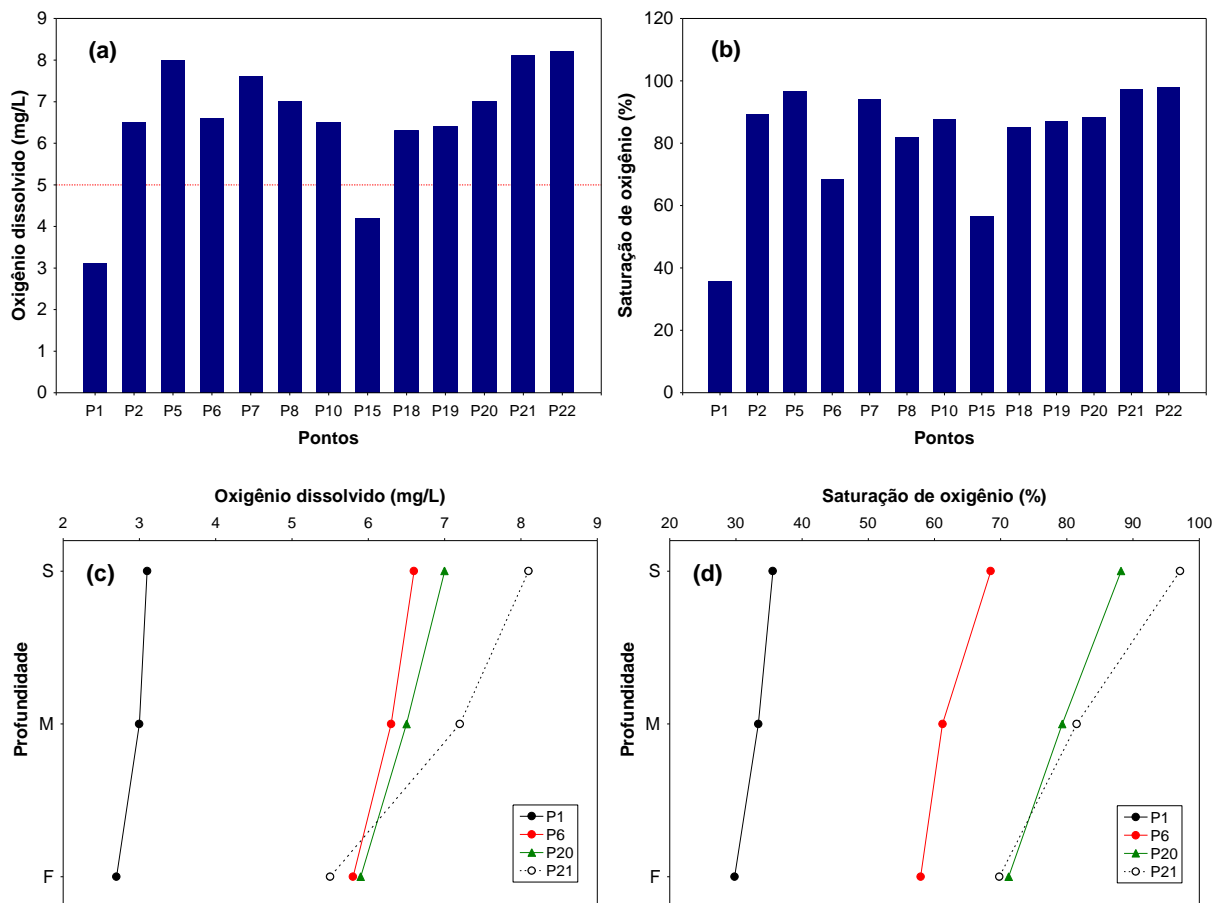


Figura 3. Concentrações de oxigênio dissolvido (a), porcentagem de saturação de oxigênio (b) e perfil vertical das concentrações de oxigênio dissolvido (c) e saturação de oxigênio (d).

Variáveis indicadoras de luminosidade subaquática

Em março de 2012, o reservatório da UHE Cana Brava apresentou águas com elevada transparência da água. Nesse mês, a maior profundidade do disco de Secchi (maior transparência da água; 3,7 metros) foi registrada no ponto 7, seguido pelo ponto 21, nas proximidades da barragem, com transparência igual a 3,1 metros (**Figura 4a**).

De maneira similar, foram registrados baixos valores de turbidez, no trecho estudado, variando entre 1,32 NTU (ponto 20) e 59,3 NTU (ponto 10 - rio do Carmo) (**Figura 4b**). Assim, nesse mês, todos os locais monitorados apresentaram valores de turbidez inferiores ao limite máximo preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (100 NTU), assim como registrado em dezembro de 2011. Além disso, não houve diferença significativa entre as profundidades de coleta (**Figura 4c**), ou seja, também foram registrados baixos valores de turbidez no meio e fundo da coluna da água do reservatório.

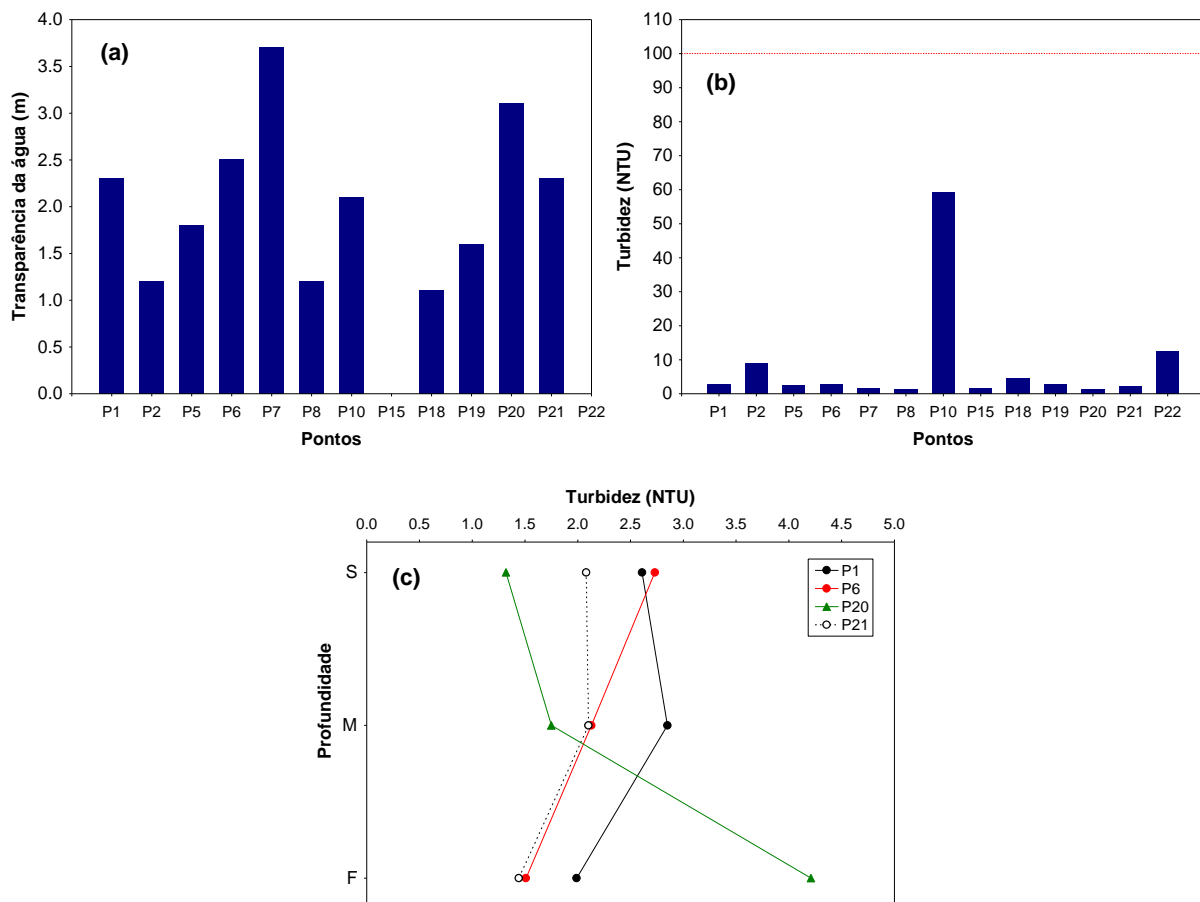


Figura 4. Valores de transparência da água (a) e turbidez (b) mensurados nos 13 pontos de coleta na área de influência da UHE Cana Brava e perfil vertical dos valores de turbidez no corpo central do reservatório (c).

pH, condutividade elétrica, STD, alcalinidade e carbono inorgânico

Os valores do pH registrados variaram entre 7,4 e 8,2, estando assim, dentro dos limites preconizados pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (6,0-9,0) (**Figura 5a**). Em média, houve similaridade nos valores de pH mensurados na superfície, meio e fundo dos pontos de coleta (média igual a 7,8; 7,6 e 7,48, respectivamente) (**Figura 6a**).

Os valores de condutividade elétrica variaram entre 31 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (ponto 5) e 175 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (ponto 22- rio Bontio) (**Figura 5b**). De maneira geral, houve similaridade nos valores de condutividade elétrica entre os pontos de coleta, com exceção somente do ponto 22. Além disso, os valores de condutividade elétrica foram similares entre as profundidades amostradas (média igual a 80,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na superfície; 78,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no meio e 80,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no fundo da coluna da água; **Figura 6b**). Resultado similar foi obtido considerando as concentrações de sólidos totais dissolvidos (STD), que variou entre 15 mg/L e 87 mg/L (ponto 22), sendo inferiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (500 mg/L) (**Figura 5c e 6c**). De fato, houve uma forte estrutura de correlação entre os valores de condutividade elétrica e STD ($r = 0,99$; $P < 0,001$).

A alcalinidade representa a capacidade de neutralização de ácidos apresentada por um ambiente aquático, e está associada à disponibilidade de carbonatos no meio (Esteves, 1998). Nesse mês, tais valores variaram entre 16 mg/L e 56 mg/L (ponto 22 - rio Bonito) (**Figura 5d**). Assim como observado para os valores de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e alcalinidade, a maior concentração de CO_2 total (medida indireta da concentração de carbono inorgânico total) também foi registrada no rio Bonito (ponto 22) (50,7 mg/L) (**Figura 5e**). Tais resultados demonstram a elevada concentração de íons, principalmente carbono inorgânico, nesse local. Além disso, considerando o perfil vertical nos pontos localizados no interior do reservatório, foi possível observar similaridade nos valores de alcalinidade e CO_2 total nas três profundidades amostradas, assim como observado para os valores de condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos (**Figuras 6d e 6e**). As concentrações de CO_2 livre variaram entre 0,23 mg/L e 2,71 mg/L (ponto 19) (**Figura 5f**). A análise do perfil vertical demonstrou um aumento nas concentrações de CO_2 livre ao longo das maiores profundidades,

principalmente no fundo dos pontos 1 e 21. No entanto, as maiores concentrações desse gás foram registradas ao longo de toda a coluna da água do ponto 1, corroborando com as baixas concentrações de oxigênio dissolvido mensuradas nesse local (**Figura 6f**).

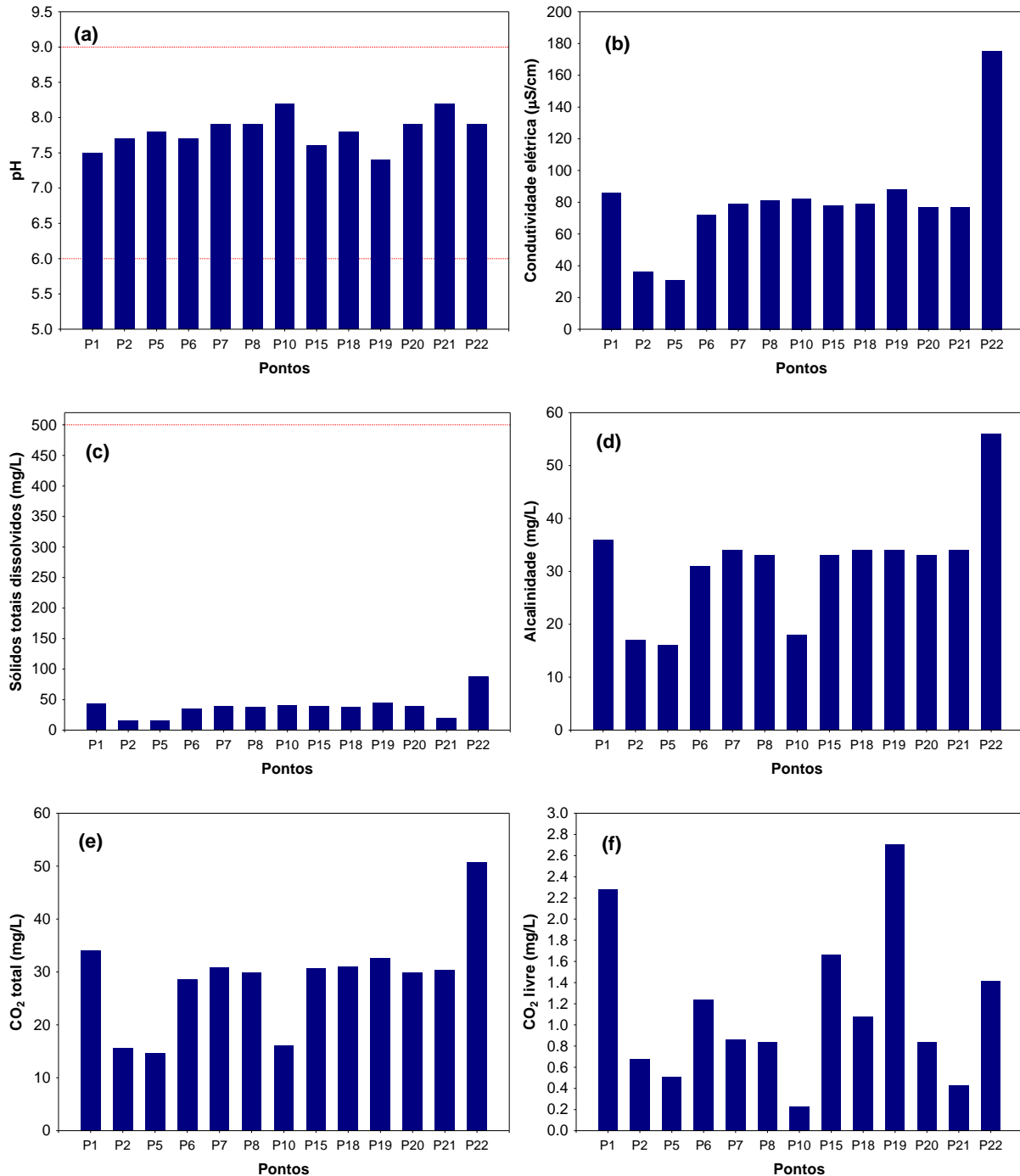


Figura 5. Valores de pH (a), condutividade elétrica (b), sólidos totais dissolvidos (STD; c), alcalinidade (d), CO_2 total (e) e CO_2 livre (f) mensurados nos 13 pontos de coleta na área de influência da UHE Cana Brava.

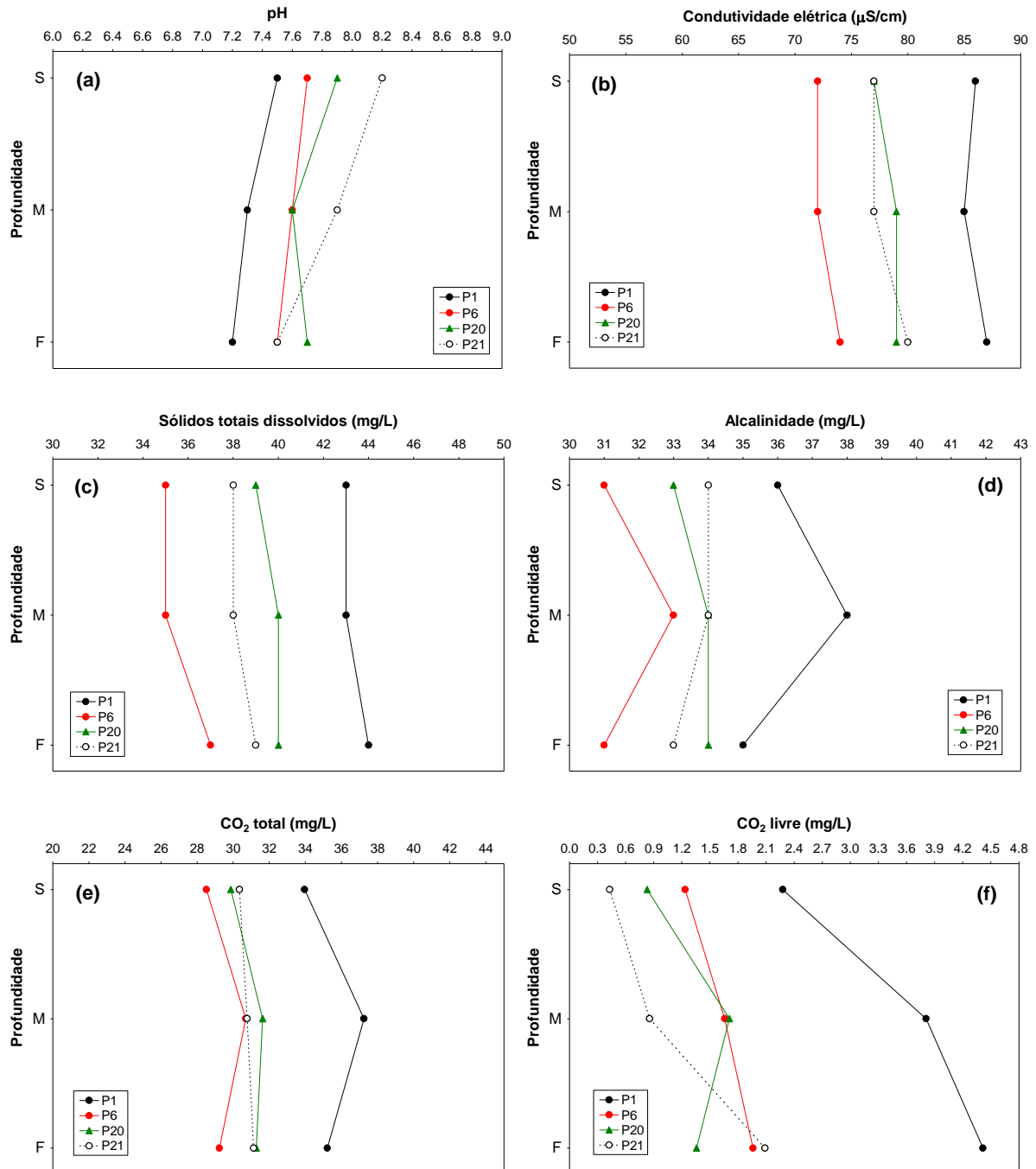


Figura 6. Perfil vertical dos valores de pH (a), condutividade elétrica (b), sólidos totais dissolvidos (STD; c), alcalinidade (d), CO₂ total (e) e CO₂ livre (f) mensurado no corpo central do reservatório da UHE Cana Brava em março de 2012.

Cloreto, sulfato, sulfeto e ferro total

Todas as águas naturais contêm íons cloretos resultantes da dissolução de minerais ou de sais ou, em regiões próximas do mar, da intrusão de águas salinas no continente. Altas concentrações de cloretos impedem o uso da água para a agricultura e exigem tratamento adequado para usos industriais

(dessalinização), bem como causam danos a estruturas metálicas (corrosão) (Baumgarten e Pozza, 2001). No trecho monitorado, as concentrações de cloreto foram inferiores ao limite de detecção do método ($<0,5$ mg/L) na maior parte dos pontos de coleta, com excelão somente do ponto 22 (rio Bonito) que apresentou concentração igual a $3,0$ mg/L (**Figura 7a**). Assim, todos os locais apresentaram concentrações significativamente inferiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (250 mg/L). Além disso, tais concentrações também foram inferiores ao limite de detecção do método ($<0,5$ mg/L) nas maiores profundidades de coleta (meio e fundo dos pontos 1, 6, 20 e 21).

Em ecossistemas aquáticos, o enxofre pode ocorrer em diferentes formas, tais como, como íon sulfato (SO_4^{2-}), íon sulfito (SO_3^{2-}), íon sulfeto (S^{2-}), gás sulfídrico (H_2S), entre outras. Dentre as várias formas de enxofre presentes na água, o íon sulfato e o gás sulfídrico são as mais freqüentes. No entanto, o íon sulfato apresenta maior importância para a produtividade do ecossistema, uma vez que é a principal fonte de enxofre usada pelos produtores primários (Esteves, 1998). Em março de 2011, as concentrações de sulfato foram inferiores ao limite de detecção do método (<1 mg/L) em todos os pontos e profundidades de coleta, ou seja, todos os locais monitorados apresentaram concentrações do íon sulfato que coadunam com o limite estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas de classe 2 (250 mg/L). Resultado similar foi obtido em setembro e dezembro de 2011.

De maneira similar, as concentrações de sulfeto também foram inferiores ao limite de detecção do método ($<0,001$ mg/L) na maior parte dos pontos de coleta. Somente os pontos 2, 10 e 22 apresentaram concentrações iguais a $0,001$ mg/L (**Figura 7b**). Assim, todos os locais apresentaram valores inferiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA ($0,002$ mg/L). Considerando as maiores profundidades de coleta, concentrações iguais a $0,001$ mg/L foram registradas no meio dos pontos 1 e 6 e no fundo do ponto 1 (**Figura 8a**).

O ferro é de grande importância para o metabolismo dos seres vivos e apresenta clara influência sobre a precipitação do fósforo. Assim, em ambientes onde predominam altas concentrações de oxigênio e pH próximo ao neutro, grande parte dos íons de ferro encontra-se na forma oxidada (Fe^{3+} - íon

férrico), podendo assim adsorver-se ao íon fosfato e acarretar a precipitação do fósforo no sedimento (Esteves, 1998). Em ambientes que não estão submetidos a impactos, o ferro e o manganês são registrados em baixas concentrações, pois as suas formas predominantes são as oxidadas que são mais insolúveis (Fe^{3+} e Mn^{4+}). Em março de 2012, as concentrações de ferro total, na superfície da coluna da água, variaram entre 0,1 mg/L (ponto 21) e 1,89 mg/L (ponto 10 – rio do Carmo) (**Figura 7c**). De maneira geral, tais concentrações foram similares àquelas registradas em dezembro de 2011 (média igual a 0,45 mg/L em dezembro de 2011 e 0,40 mg/L em março de 2012). Considerando a análise do perfil vertical, foi possível observar que as concentrações de ferro total foram elevadas ao longo de toda a coluna da água do ponto 1, provavelmente devido as baixas concentrações de oxigênio dissolvido mensuradas nesse local, e a consequente liberação de ferro do sedimento para a coluna da água (**Figura 8b**).

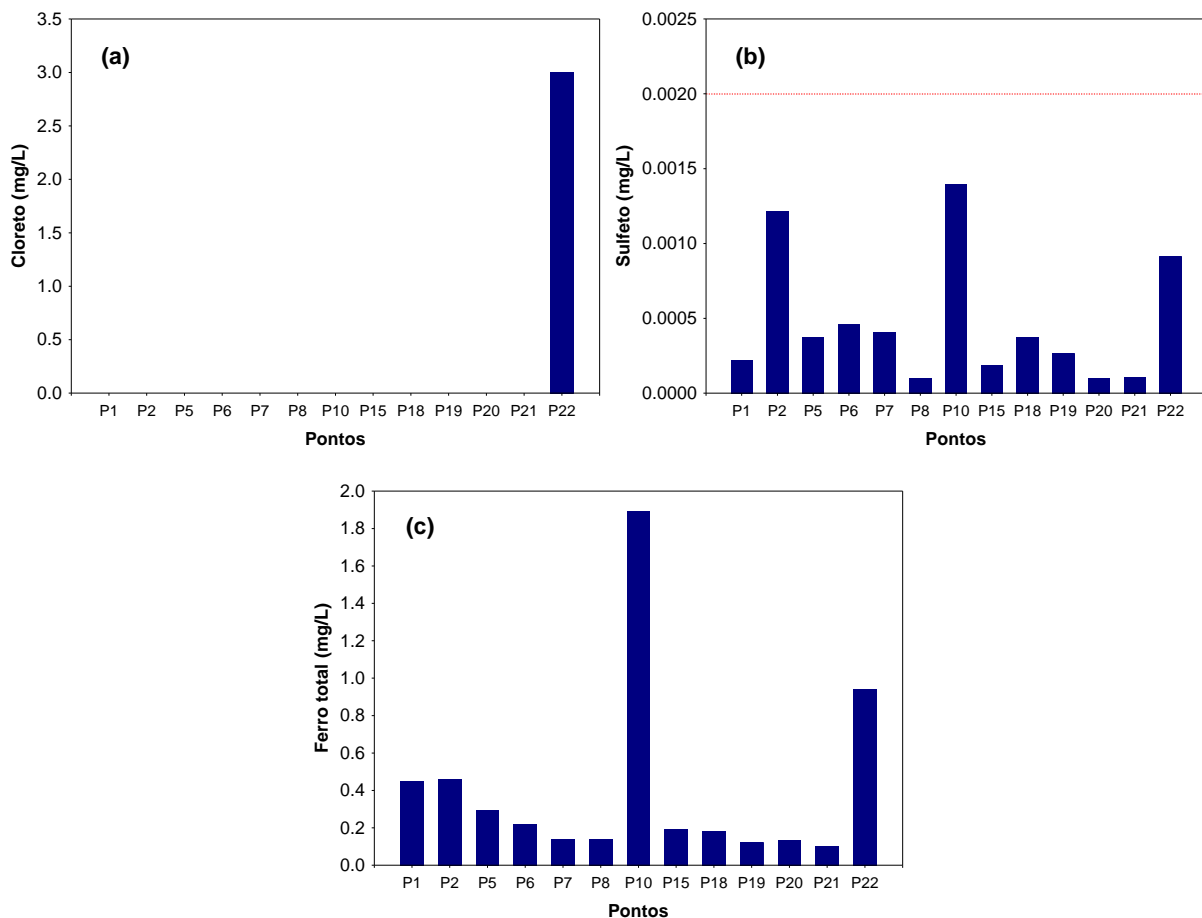


Figura 7. Concentrações de cloreto (a), sulfeto (b) e ferro total (c) mensuradas nos 13 pontos de coleta na área de influência da UHE Cana Brava, em março de 2012.

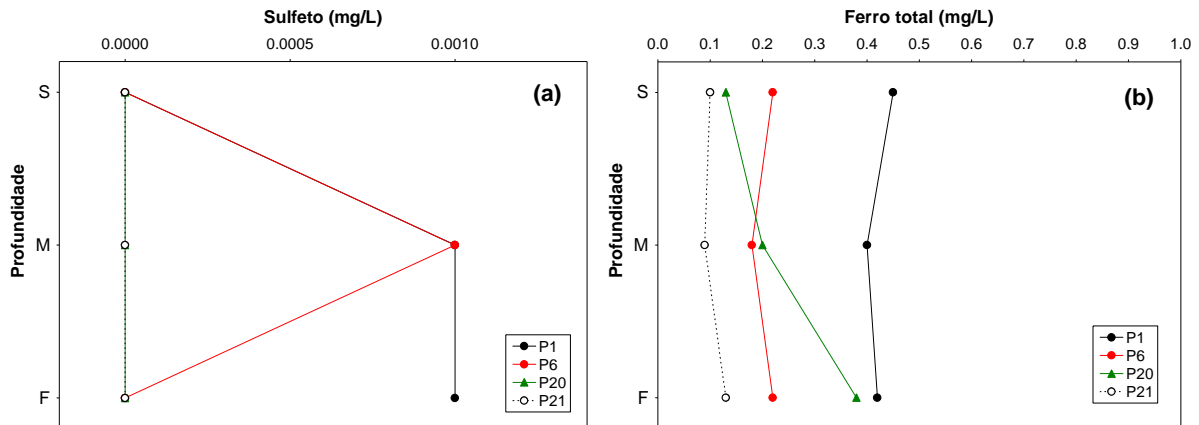


Figura 8. Perfil vertical das concentrações de sulfeto (a) e ferro total (b) no corpo central do reservatório, em março de 2012.

Nutrientes fosfatados e nitrogenados

Em conjunto com o nitrogênio (N), o fósforo (P) é o principal elemento que pode limitar a produção primária. Deste modo, elevadas concentrações indicam um elevado potencial de eutrofização (aumento da disponibilidade e da taxa de utilização de nutrientes que acarreta um aumento do estado trófico do ambiente). Mesmo com o avanço tecnológico dos sistemas de controle de fontes pontuais de nutrientes, a eutrofização (causada pelo incremento de N e P) ainda pode ser considerada o principal problema de qualidade de água em diferentes partes do mundo. Quando prevalecem baixas concentrações de oxigênio, o fósforo pode ser disponibilizado para a coluna d'água e, assim, mesmo sem fontes externas, o processo de eutrofização pode ocorrer (Kalf, 2002; Baumgarten e Pozza, 2001).

Em março de 2012, as concentrações de orto-fosfato variaram entre valores inferiores ao limite de detecção do método ($<0,001$ mg/L) e $0,022$ mg/L (ponto 22- rio Bonito) (**Figura 9a**). As concentrações de fósforo total variaram entre $0,008$ mg/L e $0,040$ mg/L (ponto 22) (**Figura 9b**). Assim, nesse mês, todos os locais monitorados apresentaram concentrações de fósforo total inferiores ao limite máximo indicado na Resolução CONAMA nº 357/2005 ($0,05$ mg/L). Além disso, não houve diferença significativa nas concentrações de orto-fosfato ou fósforo total entre as diferentes profundidades de coleta (**Figuras 10a e 10b**).

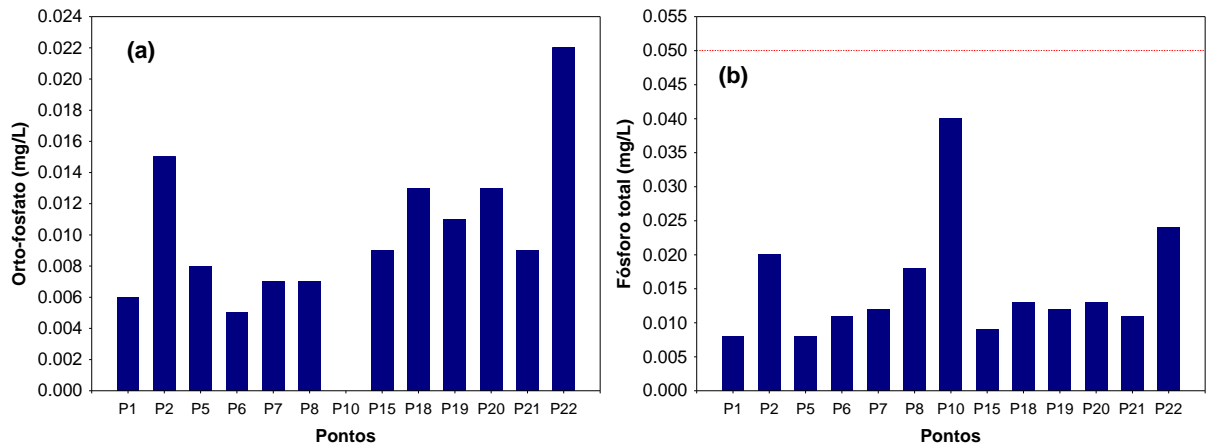


Figura 9. Concentrações de orto-fosfato (a) e fósforo total (b) mensuradas nos 13 pontos de coleta na área de influência da UHE Cana Brava, em março de 2012.

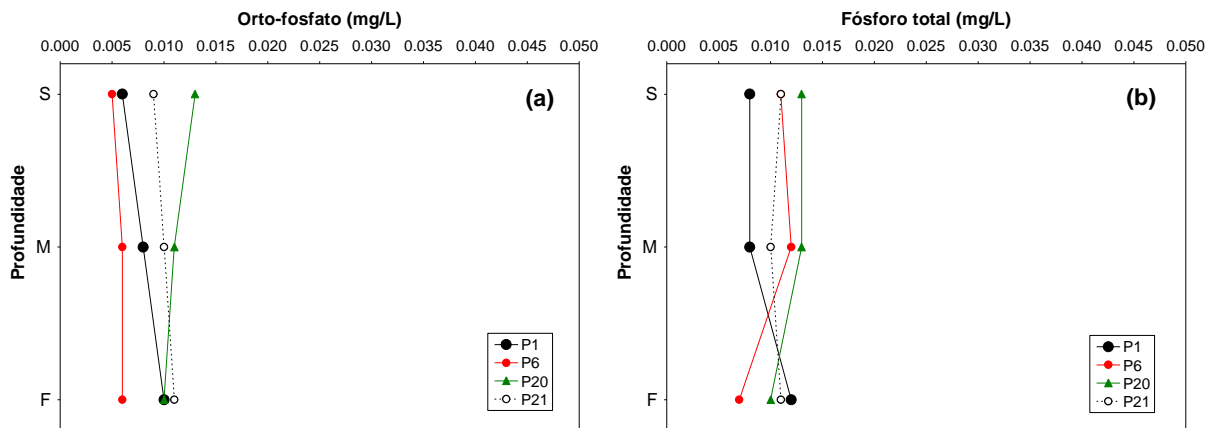


Figura 10. Perfil vertical das concentrações de orto-fosfato (a) e fósforo total (b) no corpo central do reservatório, em março de 2012.

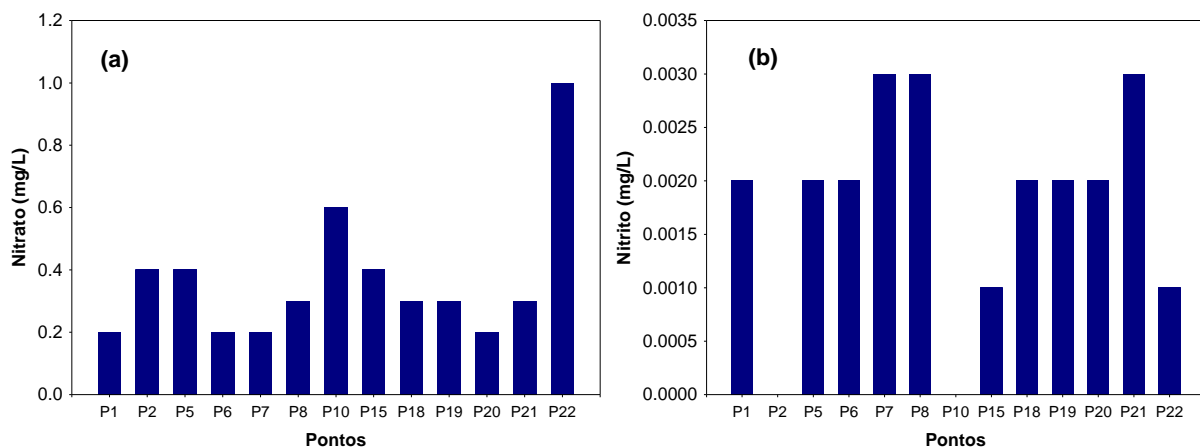
A importância do nitrogênio para o funcionamento dos ecossistemas pode ser atribuída à sua participação na formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa. Quando presente em baixas concentrações, este nutriente pode atuar como fator limitante da produção primária. Dentre as diferentes formas, os teores de nitrato e do íon amônio assumem grande importância nos ecossistemas aquáticos, uma vez que representam as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários. O nitrito é encontrado em baixas concentrações, principalmente em ambientes oxigenados (Esteves, 1998).

Considerando as formas inorgânicas de nitrogênio, as concentrações de nitrato (NO_3^-) variaram entre 0,2 mg/L e 1,0 mg/L (ponto 22 - rio Bonito) (**Figura 11a**). As concentrações de nitrito (NO_2^-) variaram entre valores inferiores ao

limite de detecção do método ($< 0,001$ mg/L) e $0,003$ mg/L (pontos 7, 8 e 21) (**Figura 11b**), enquanto que as concentrações de nitrogênio amoniacal variaram entre valores inferiores ao limite de detecção do método ($< 0,01$ mg/L) e $0,37$ mg/L (ponto 22) (**Figura 11c**). A maior concentração de nitrogênio total ($1,671$ mg/L) também foi registrada no ponto 22 (rio Bonito) (**Figura 11d**).

Considerando o perfil vertical dos pontos localizados no interior do reservatório da UHE Cana Brava, foi possível verificar semelhança nas concentrações mensuradas nas diferentes profundidades de coleta (**Figuras 12a, b, c**). Destaca-se apenas as maiores concentrações de nitrogênio amoniacal e nitrogênio total nas maiores profundidades de coleta, principalmente no ponto 1 (foz do córrego Florêncio), corroborando com as baixas concentrações de oxigênio dissolvido nesse local.

De maneira geral, todos os pontos monitorados apresentaram concentrações de nitrato e nitrito que coadunam com os limites indicados pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (10 mg/L para nitrato e $1,0$ mg/L para nitrito). De acordo com a referida resolução, o limite para a concentração de nitrogênio amoniacal é dependente do valor de pH. Em ambientes com valores de pH inferiores a $7,5$, o valor máximo estabelecido para nitrogênio amoniacal é igual a $3,7$ mg/L; em ambientes com valores de pH entre $7,5$ e $8,0$ o valor máximo permitido é $2,0$ mg/L; e em ambientes com valores de pH entre $8,0$ e $8,5$ o valor máximo permitido é $1,0$ mg/L. Assim, todo o trecho monitorado também apresentou concentrações de N-amoniacal inferiores ao limite indicado pela resolução.



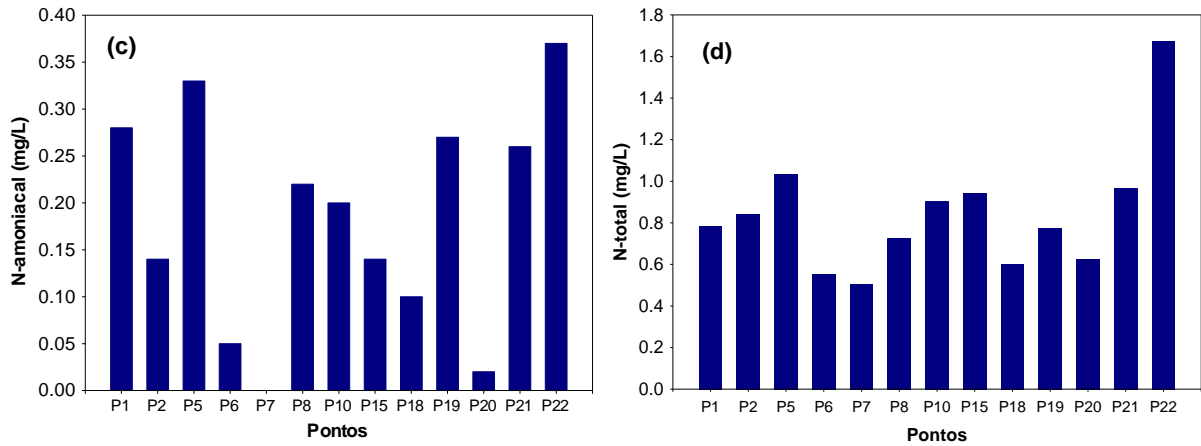


Figura 11. Concentrações de nitrato (a), nitrito (b), nitrogênio amoniacal (c) e nitrogênio total (d) mensuradas nos 13 pontos de coleta na área de influência da UHE Cana Brava.

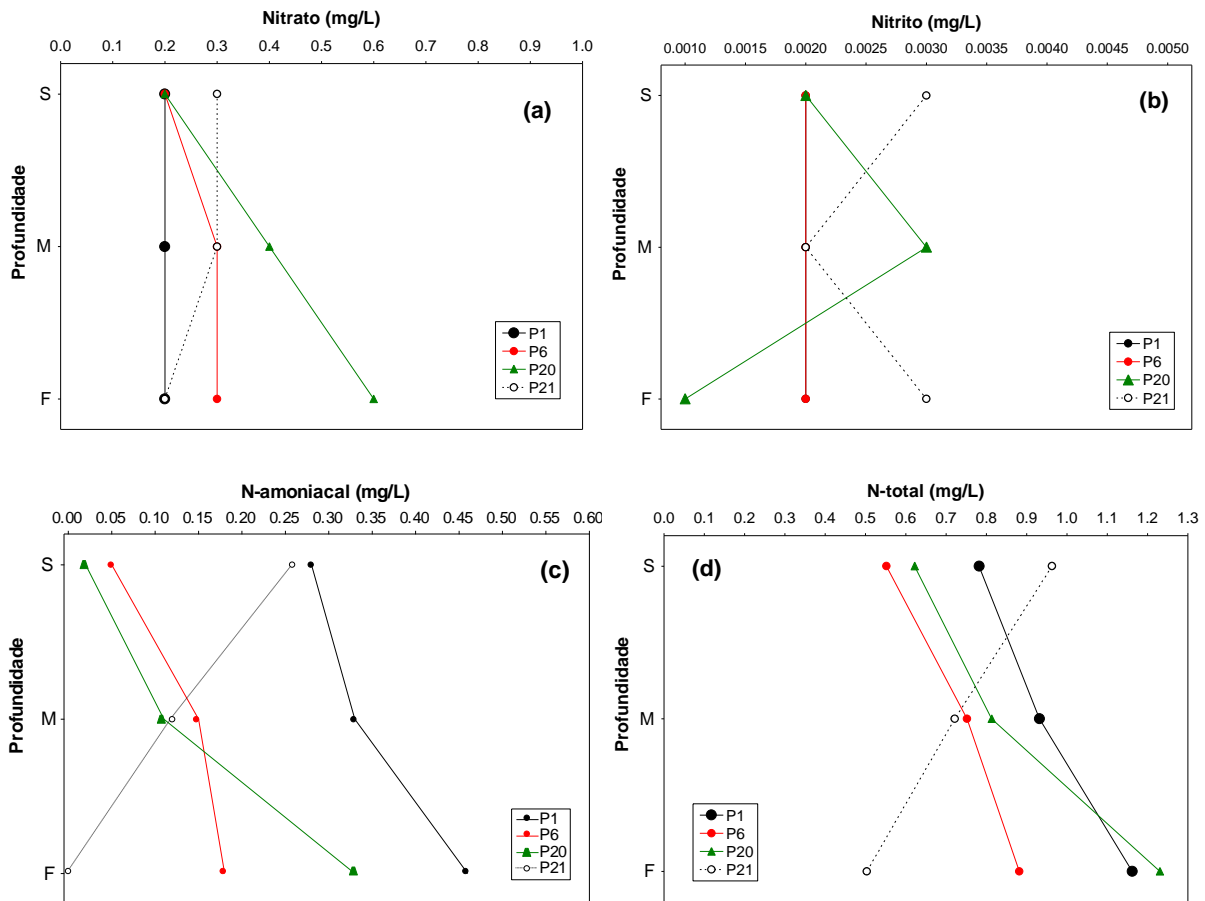


Figura 12. Perfil vertical das concentrações de nitrato (a), nitrito (b), nitrogênio amoniacal (c) e nitrogênio total (d) mensurado no corpo central do reservatório da UHE Cana Brava, em março de 2012.

DBO₅

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅) é definida como a quantidade de oxigênio que será utilizada pelos microorganismos presentes em uma amostra na oxidação da matéria orgânica para uma forma inorgânica estável (Kalff, 2002). No trecho monitorado do reservatório da UHE Cana Brava, as concentrações de DBO₅ variaram entre 0,5 mg/L e 1,6 mg/L (ponto 20) (**Figura 13**). Todos os locais apresentaram valores de DBO₅ abaixo do limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA n^o 357/2005 (5,0 mg/L), assim como observado em meses anteriores de monitoramento.

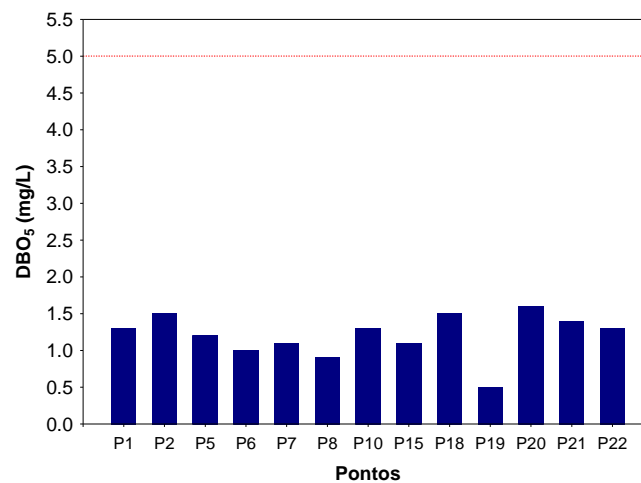


Figura 13. Valores de DBO₅ obtidos em março de 2012.

Óleos e Graxas

“Óleos e graxas” incluem, além dos hidrocarbonetos, ácidos graxos, sabões, gorduras, óleos, ceras e também outros materiais cuja extração química pelo solvente seja possível. A maior dificuldade encontrada no estabelecimento do limite oficial tolerável para óleos e graxas está no fato deste parâmetro não possuir categorias químicas definidas, mas incluir vários compostos orgânicos com variáveis físicas, químicas e propriedades toxicológicas diferentes (Baumgarten e Pozza, 2001). Quando presentes em quantidade excessiva, esses compostos podem interferir nos processos biológicos aeróbicos e anaeróbicos.

Em março de 2012, as concentrações de óleos e graxas no trecho monitorado estavam de acordo com o estabelecido pela Resolução CONAMA n^o 357/2005 (i.e., para águas de classe 2 as concentrações de óleos e graxas devem

ser virtualmente ausentes - V.A.). Resultado similar foi observado nos meses anteriores de monitoramento limnológico.

5.1.2. Variáveis bacteriológicas

A presença de coliformes na água indica o potencial da presença de microrganismos patogênicos. O grupo dos coliformes totais inclui gêneros que não são de origem exclusivamente fecal, o que limita sua aplicação como indicador geral de contaminação fecal. O reconhecimento deste fato levou ao desenvolvimento de métodos de enumeração de um subgrupo de coliformes denominados coliformes fecais (termotolerantes) os quais são diferenciados dos coliformes totais pela sua capacidade de fermentar a lactose em temperatura elevada ($44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$).

No trecho monitorado do reservatório da UHE Cana Brava, a densidade de coliformes totais variou entre valores inferiores ao limite de detecção do método ($< 18 \text{ NMP}/100\text{ml}$) e $2.800 \text{ NMP}/100\text{ml}$ (pontos 10 e 22) (**Figura 14a**). A densidade de coliformes termotolerantes (fecais) também variou entre valores inferiores ao limite de detecção do método ($< 18 \text{ NMP}/100\text{ml}$) e $2.800 \text{ NMP}/100\text{ml}$ (ponto 22 - rio Bonito) (**Figura 14b**). Para águas de classe 2, no mês de março de 2012, somente o ponto 22, localizado no rio Bonito apresentou densidade de coliformes termotolerantes superior ao limite máximo permitido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 ($1.000 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$).

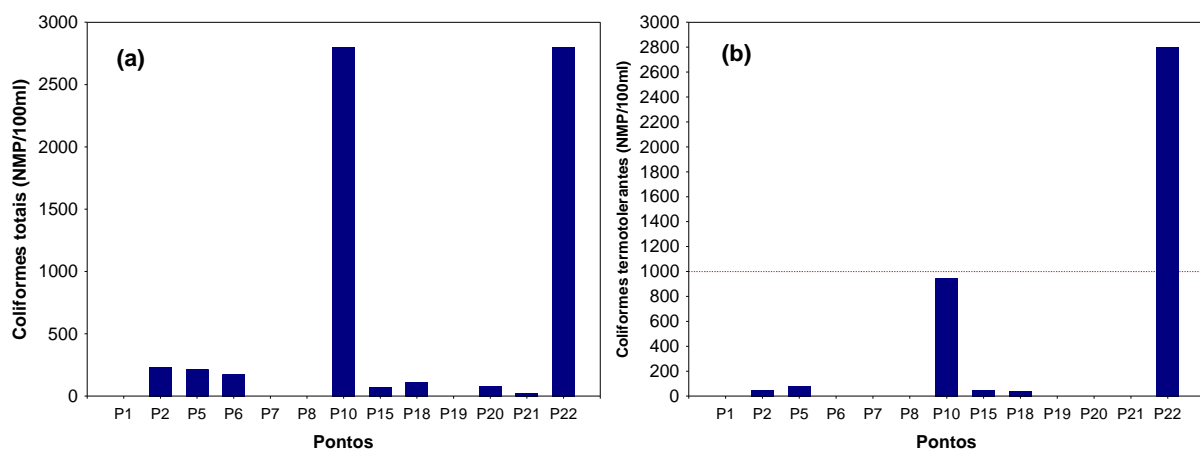


Figura 14. Densidade de coliformes totais (a) e coliformes termotolerantes (b) no trecho monitorado da UHE Cana Brava, em março de 2012.

5.1.3. Perfil vertical dos pontos 20 e 21

Os padrões de estratificação térmica influenciam sobremaneira a distribuição vertical dos parâmetros limnológicos, principalmente o oxigênio dissolvido. Os lagos profundos (acima de 20 m) de regiões tropicais quando relativamente protegidos da ação do vento, permanecem estratificados na maior parte do ano, desestratificando-se somente no inverno, por curtos períodos. Nestes lagos, durante o período de estratificação térmica, o oxigênio produzido no epilímnio (correspondendo à zona eufótica) não atinge o hipolímnio (Esteves, 1998). O padrão de circulação da coluna de água durante o inverno e estratificação durante os demais meses do ano é característicos de ecossistemas aquáticos monomíticos quentes. Ressalta-se ainda, que as condições de hipóxia (baixa concentração de oxigênio dissolvido) ou mesmo anoxia, muitas vezes prolongadas, em lagos tropicais, proporcionam um habitat com características adversas para a fauna aquática, principalmente peixes. Esta situação torna-se ainda mais limitante, com a formação de gases nocivos, tais como gás sulfídrico e metano, formados em condições anaeróbicas no ambiente (Esteves, 1998).

Assim, em março de 2012 foi realizada a análise do perfil vertical nos pontos 20 e 21, no interior do reservatório da UHE Cana Brava, com o objetivo principal de verificar a existência de estratificação térmica. Foi obtida a temperatura da água e concentração de oxigênio dissolvido, até a profundidade de 20 metros (**Figura 15**).

Nesse mês, a camada superficial e de fundo apresentaram diferenças de temperatura iguais a 3,1°C no ponto 20 e 1,6°C no ponto 21 (**Figura 15a**). Tais diferenças foram similares às registradas em março de 2011 (3,5°C no ponto 20 e 3,4°C no ponto 21). A análise das concentrações de oxigênio dissolvido demonstrou valores superiores a 5,0 mg/L ao longo de toda a coluna da água dos pontos monitorados (**Figura 15b**).

Assim, nesse mês, pode-se observar a presença de estratificação térmica da coluna da água, principalmente no ponto 20. No entanto, apesar do decréscimo nas concentrações de oxigênio, as maiores profundidades de coleta não apresentaram condições anóxicas (baixas concentrações desse

gás), ou seja, com características adversas para a fauna aquática, principalmente peixes.

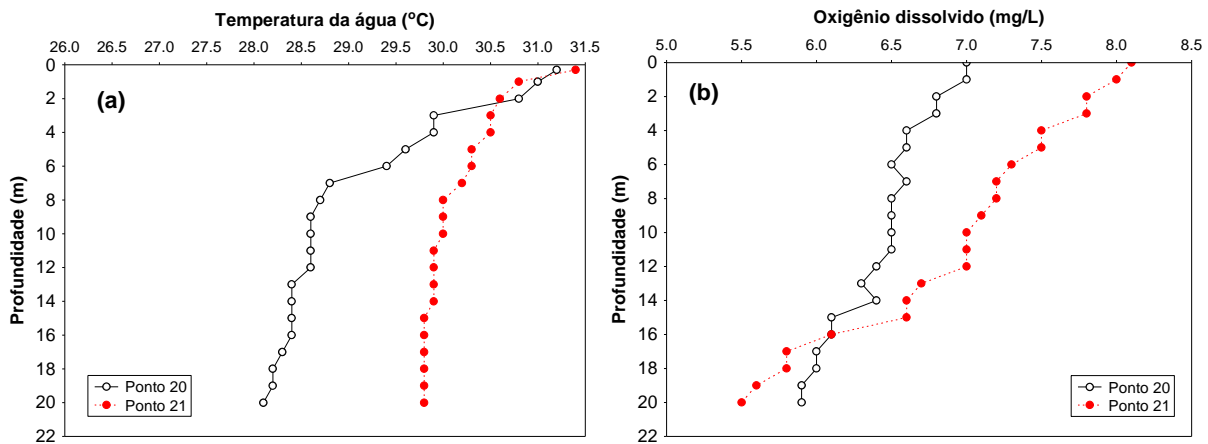


Figura 15. Perfil vertical dos valores de temperatura da água (a) e oxigênio dissolvido (b) em dois pontos localizados no corpo central do reservatório da UHE Cana Brava, em março de 2012.

6. Índice de Qualidade da Água (IQA)

Índices de qualidade da água (IQA) são bastante úteis para facilitar a comunicação entre público geral e corpo técnico, para avaliar tendências temporais da qualidade da água e permitir uma comparação entre diferentes cursos d'água. Normalmente, um índice de qualidade de água varia entre 0 (zero) e 100 (cem), sendo que quanto maior o seu valor, melhor é a qualidade da água.

Metodologia

O IQA pode ser determinado pelo produto ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros: Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅), Coliformes Fecais, Temperatura, pH, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Turbidez e Resíduo Total (http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice_iap_iqa.asp). A seguinte fórmula foi utilizada:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

onde:

IQA = Índice de qualidade da água. Um número entre 0 e 100;

q_i = qualidade do parâmetro i . Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

w_i = peso correspondente ao parâmetro i fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de forma que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

sendo n o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

A qualidade das águas interiores, indicada pelo IQA em uma escala de 0 a 100, pode ser classificada em categorias narrativas da seguinte forma:

IQA	QUALIDADE
80 – 100	Qualidade Ótima
52 – 79	Qualidade Boa
37 – 51	Qualidade Aceitável
20 – 36	Qualidade Ruim
0 – 19	Qualidade Péssima

Resultados

Em março de 2012, o trecho monitorado do reservatório da UHE Cana Brava apresentou valores de IQA que variaram entre 63,333 (ponto 10 - rio do Carmo) e 86,474 (ponto 7) (**Tabela 2**). De maneira geral, houve um acréscimo nos valores de IQA registrados em março de 2012, comparando com dezembro de 2011 (valores médios iguais a 70,5 em dezembro de 2011 e 77,23 em março de 2012).

Tabela 2. Índice de Qualidade da água (IQA) por ponto de coleta, obtidos em março de 2012, na área de influência da UHE Cana Brava.

Pontos	Descrição	IQA	Qualidade
P1	Tocantins/Córrego Florêncio	65,202	Boa
P2	Rio Preto	76,224	Boa
P5	Rio São Félix	76,34	Boa
P6	Tocantins/ Foz São Félix	84,844	Ótima
P7	Rio Bonito	86,474	Ótima
P8	Córrego Varjão	85,081	Ótima
P10	Rio do Carmo	63,333	Boa
P15	Tocantins/Rio Cana Brava	72,481	Boa
P18	Praia de Minaçu - parte interna	76,899	Boa
P19	Praia de Minaçu - parte externa	82,68	Boa
P20	No meio do reservatório	85,387	Ótima
P21	Tocantins/Próximo à barragem	85,057	Ótima
P22	Rio Bonito (acima do ponto 7)	63,949	Boa
Média		77,227	Boa

7. Análise de mercúrio no sedimento

Metodologia

A análise para determinação de mercúrio no sedimento foi realizada através de espectrofotometria por absorção atômica. A coleta do sedimento foi realizada nos pontos 2, 7, 10, 21 e 22.

Resultados

Devido à capacidade do sedimento de liberar metais para a coluna da água por muitos anos após cessarem as fontes desses poluentes, a análise das concentrações desses compostos no material particulado, nos organismos aquáticos e nos sedimentos fornece maiores informações sobre a poluição do ambiente do que as análises das concentrações desses poluentes dissolvidos na água.

O Mercúrio é um metal traço extremamente tóxico e não-essencial que não tem função bioquímica ou nutricional. No ambiente aquático, ele é mais comumente encontrado no estado mercúrico (II), e o seu destino, uma vez que o composto é lançado, é dominado pela adsorção rápida no material orgânico solúvel e particulado; seguido pela floculação, precipitação e o acúmulo final no sedimento de fundo. Devido à força com a qual o mercúrio se liga ao sedimento, a troca com a coluna d'água é geralmente pequena.

Para se controlar os níveis de contaminação, os órgãos ambientais estabelecem limites máximos de concentrações permissíveis desses elementos para que não ocorram danos aos organismos e à saúde pública. No Brasil, a Resolução CONAMA nº 344/2004 estabelece limites para as concentrações de metais no sedimento aquático (diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras).

Os valores orientadores, adotados na Resolução CONAMA, têm como referência algumas publicações canadenses e norte-americanas. De fato, os limites propostos pela referida resolução utiliza os valores-guia gerados no Canadá, que são baseados em um banco de dados químicos e biológicos obtidos na América do Norte e elaborados sob patrocínio do Conselho Canadense de Ministérios do Meio Ambiente (CCME), o qual originou o Protocolo de Derivação dos Princípios Canadenses para a Qualidade dos Sedimentos e para a Proteção da Vida Aquática (Environment Canadá, 1995). A elaboração desse protocolo teve por objetivo estabelecer critérios para avaliação da qualidade dos sedimentos e do significado toxicológico das substâncias associadas aos mesmos para os organismos aquáticos.

Nesse caso foram derivados dois valores guia, o nível 1 ou TEL (*threshold effect level*) e o nível 2 ou PEL (*probable effect level*). O menor limite (Nível 1 ou TEL), representa a concentração abaixo da qual raramente são esperados efeitos adversos para os organismos aquáticos, enquanto que o maior limite (Nível 2 ou PEL), representa a concentração acima da qual são freqüentemente esperados efeitos adversos para os organismos. Na faixa entre TEL e PEL situam-se os valores onde, ocasionalmente, espera-se a ocorrência de tais efeitos.

Em março de 2012, o sedimento analisado no reservatório da UHE Cana Brava apresentou concentrações de mercúrio abaixo do esperado para ambientes poluídos (**Tabela 3**). Valores inferiores ao nível 1 (TEL) são classificados como “ótimos”. Resultados similares foram obtidos nos meses anteriores de monitoramento.

Tabela 3. Concentração de mercúrio no sedimento (mg/kg), no trecho monitorado do reservatório da UHE Cana Brava, em março de 2012.

Variáveis	P2	P7	P10	P21	P22	Nível 1 (TEL)	Nível 2 (PEL)
Mercúrio	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,17	0,486

8. Comunidades Biológicas

O simples monitoramento das alterações de variáveis físicas e químicas da água não é um meio seguro de avaliação de impactos, pois, muitas vezes, estas ocorrem em um período de tempo tão curto, que não são detectadas. Por outro lado, o compartimento biótico oferece um registro confiável das pressões naturais ou não, impostas ao sistema, constituindo numa somatória temporal das condições ambientais (Brandinarte *et al.*, 1999).

Assim, simultaneamente às coletas das amostras de água para as análises dos parâmetros físicos e químicos (descritos anteriormente), foram também amostradas as comunidades de fitoplâncton, zooplâncton e zoobentos, em 05 (cinco) pontos de coleta (P2, P7, P10, P21 e P22).

8.1. Comunidade Fitoplanctônica

Metodologia

As amostragens da comunidade fitoplanctônica foram realizadas a sub-superfície, utilizando-se frascos de vidro. As amostragens para o estudo quantitativo da comunidade fitoplanctônica foram fixadas com solução de lugol acético e guardadas no escuro até o momento da identificação e contagem dos organismos. Paralelamente, foram realizadas coletas com rede de plâncton de 15 micrômetros de abertura de malha, para auxiliar no estudo qualitativo, sendo estas amostras fixadas com solução de Transeau, segundo Bicudo e Menezes (2006).

O estudo taxonômico e quantitativo do fitoplâncton foi efetuado através de microscópio invertido, com aumento de 400X. A densidade fitoplanctônica foi estimada segundo o método de Utermöhl (1958) com prévia sedimentação da amostra. A densidade fitoplanctônica foi calculada de acordo com APHA

(2005) e o resultado foi expresso em indivíduos (células, cenóbios, colônias ou filamentos) por mililitro.

Analisou-se a presença de cianobactérias visando atender a Resolução CONAMA nº 357/2005. Para a contagem do número de células de cianobactérias utilizou-se o retículo de Whipple, normalmente empregado para contagem de Unidade-Padrão de Área (UPA). As colônias intactas foram sobrepostas ao quadrado e contou-se o número de células. O retículo foi calibrado e as contagens foram realizadas utilizando câmaras de Utermöhl ou Sedgwick Rafter.

A biomassa fitoplanctônica foi estimada através do biovolume, multiplicando-se o volume pela densidade de cada táxon. O volume de cada célula foi calculado a partir de modelos geométricos aproximados à forma das células, como esferas, cilindros, cones, paralelepípedos, pirâmides, elipses e outros (Sun e Liu, 2003).

Resultados

Composição e riqueza

A comunidade fitoplanctônica amostrada semestralmente na área de influência da UHE Cana Brava durante o período de setembro de 2004 a março de 2012 mostrou alta complexidade taxonômica (**Tabela 4**). Em março de 2012 foram registrados 70 táxons, distribuídos entre nove grupos taxonômicos (**Tabela 5**), sendo inferior ao verificado em setembro de 2011.

A maior complexidade taxonômica no período seco pode ser considerada um padrão para o sistema amostrado, assim como a maior contribuição de Cyanobacteria, Bacillariophyceae e Zygnemaphyceae para a diversidade gama (**Tabela 4**). Estes grupos têm sido registrados como os mais freqüentes e/ou abundantes nos reservatórios Peixe Angical, Lajeado e São Salvador também localizados no rio Tocantins (dados não publicados).

As cianobactérias apresentaram uma média de 17 táxons ao longo do período de estudo, sendo representadas por táxons tipicamente planctônicos (**Tabela 5**), e adaptadas a uma gama de variabilidade ambiental, podendo desenvolver florações em condições de estabilidade da coluna de água, alta

concentração de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo e altas temperaturas (Codd *et al.* 2005).

Tabela 4. Composição fitoplanctônica na área de influência da UHE Cana Brava (GO), durante o período de setembro de 2004 a março de 2012.

Táxons	2004			2005		2006		2007			2008		2009		2010		2011		2012
	Set	Jul	Dez	Jun	Dez	Set	Fev	Ago	Fev	Out	Fev	Set	Mar	Set	Mar	Set	Mar		
Bacillariophyceae	23	29	11	25	24	34	14	26	13	20	28	20	10	32	19				
Cyanobacteria	12	15	14	14	21	21	16	15	14	25	17	17	14	23	14				
Chlorophyceae	29	38	30	38	37	50	33	30	20	27	20	26	20	29	23				
Chrysophyceae	4	3	1	4	2	3	6	3	2	1	3	5	3	3	2				
Euglenophyceae	2	1	6	5	6	3	2	2		5		3	1	3	2				
Cryptophyceae	3	3	4	5	4	4	3	3	3	3	3	2	1	3	2				
Zygnemaphyceae	12	11	4	13	19	18	7	17	7	17	5	15	10	18	6				
Dinophyceae	2	1	1	1	2	2	2	1	2	1	1	3	2	2	1				
Xanthophyceae		1		3	3	4	2	1	1	1			1	1					
Oedogoniophyceae					2	1	1	1	1	1				1	1				
Total	87	102	71	108	120	140	86	99	63	101	77	91	62	115	70				

Tabela 5. Táxons fitoplanctônicos inventariados na área de influência da UHE Cana Brava (GO), em março de 2012.

Táxons	Ponto 2	Ponto 7	Ponto 10	Ponto 21	Ponto 22
BACILLARIOPHYCEAE					
<i>Achnanthes</i> sp.	x			x	x
<i>Amphipleura lindheimeri</i> Grun.				x	
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenb.) Sim. var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Sim.				x	
<i>Discostella stelligera</i> (Cl. & Grunow) Houk & Klee		x		x	
<i>Cymbella affinis</i> Kütz.	x			x	x
<i>Cymbella microcephala</i> Grunow				x	
<i>Cymbella naviculiformes</i>				x	
<i>Fragilaria</i> sp.				x	x
<i>Gomphonema augur</i> Ehrenb.				x	x
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenb.				x	
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz.) Kütz.	x				
<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.	x				
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Smith	x				x
<i>Nitzschia</i> sp.				x	
<i>Orthoseira</i> sp.		x		x	
<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenb.) Cleve				x	
<i>Pinnularia</i> sp.				x	x
<i>Surirella</i> sp.				x	
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitz.) Comp.				x	
CYANOBACTERIA					
<i>Aphanocapsa elachista</i> W. & West			x		
<i>Aphanocapsa koordersii</i> Stroem				x	
<i>Coelomorum tropicale</i> Senn., Peres & Kom.	x				
<i>Cyanoduction</i> cf. <i>imperfectum</i> Cronb. & Weib.		x		x	
<i>Geitlerinema</i> sp.				x	
<i>Komvophoron</i> sp.				x	
<i>Lyngbya</i> sp.	x				
<i>Lemmermanniella pallida</i> (Lemmerm.) Geit.		x		x	
<i>Lemmermanniella parva</i> Hind.				x	
<i>Lemmermanniella flexa</i> Hind.				x	
<i>Oscillatoria</i> sp.				x	
<i>Planktolingbya limnetica</i> (Lemmerm.) Kom.-Legn. & Cronb.		x		x	x
<i>Snowella atomus</i> Kom. & Hind		x		x	
<i>Snowella lacustris</i> (Chodat) Komárek & Hindák				x	

Táxons	Ponto 2	Ponto 7	Ponto 10	Ponto 21	Ponto 22
CHLOROPHYCEAE					
<i>Chlamydomonas</i> sp.	x				
<i>Closteriopsis</i> sp.	x				
<i>Coelastrum pulchrum</i> Schm.		x			
<i>Crucigeniella rectangularis</i> (Näg.) Kom.		x			
<i>Desmodesmus hystrix</i> (Lagerh.) Hegew.	x				
<i>Euastropsis richteri</i> (Schim.) Lag.				x	
<i>Eutetramorus fottii</i> (Hind.) Kom. Sensu Kom.	x	x		x	
<i>Fusola</i> sp.		x		x	
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Kom. - Legn	x				
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berk.) Kom.-Legn.	x	x		x	
<i>Monoraphidium irregulare</i> (G. M. Smith) Kom.-Legn.	x	x			
<i>Monoraphidium komarkovae</i> Nyg.	x				
<i>Monoraphidium tortile</i> (W. e G.S. West) Komárk.-Legn.	x				
<i>Nephrocytium agardhianum</i> Nageli		x			
<i>Oocystis lacustris</i> Chod.				x	
<i>Scenedesmus acunae</i> Com.		x		x	
<i>Scenedesmus ecornis</i> (Ehrenb. ex Ralfs) Chod.	x			x	
<i>Scenedesmus linearis</i> Kom.				x	
<i>Sphaerocystis planctonica</i> (Kors.) Bourr.		x		x	
<i>Tetraedron caudatum</i> (Cor.) Hansg.		x		x	
<i>Tetraedron minimum</i> (A. Br.) Hansg.				x	
<i>Tetrastrum komarekii</i> Hind.		x		x	
Chlorococcales não identificada 2		x			
CHRYSOPHYCEAE					
<i>Dinobryon divergens</i> Imh.		x		x	
<i>Mallomonas</i> sp.	x				
EUGLENOPHYCEAE					
<i>Euglena oxyuris</i> (Brons.) Schm.			x		
<i>Trachelomonas oblonga</i> Lemmerm.				x	
CRYPTOPHYCEAE					
<i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja	x				
<i>Cryptomonas</i> sp.	x	x			
ZYGNEMAPHYCEAE					
<i>Closterium</i> sp.	x				
<i>Cosmarium punctulatum</i> Bréb.	x				
<i>Staurastrum tetracerum</i> (Kütz.) Ralfs		x		x	
<i>Staurastrum tetracerum</i> var. <i>excavatum</i>		x		x	
<i>Staurastrum pseudotetracerum</i> (Nordst.) West & G.S.West		x			
<i>Stauridium tetras</i> (Ehrenberg) E.Hegewald				x	
DINOPHYCEAE					
<i>Peridinium</i> sp1		x		x	
OEDOGONIOPHYCEAE					
<i>Oedogonium</i> sp.					x

Foram verificados altos valores de riqueza de espécies na maioria dos pontos monitorados na área de influência da UHE Cana Brava, durante o período de estudo, sendo os maiores nos pontos 7 e 21, localizados no corpo do reservatório e os menores nos pontos situados nos tributários (**Tabela 6, Figura 16**). Temporalmente os maiores valores ocorreram no período chuvoso e os menores no período seco (**Figura 16**).

Em março de 2012 o número de táxons variou de 2 no ponto 10 a 24 no ponto 21, com média de 15 táxons por amostra. Os principais grupos quanto

a riqueza de espécies foram Chlorophyceae, Bacillariophyceae e Cyanobacteria (Tabela 6, Figuras 17, 18, 19).

As clorófitas foram as mais importantes nos pontos 2, 7 e 21, as quais estão geralmente associadas à alta disponibilidade de luz, fósforo e mistura da coluna de água (Reynolds et al., 2002). As bacilariófitas, representadas por táxons ticoplanctônicos e meroplanctônicos os quais são comuns em sistemas com alta velocidade de fluxo da água e alta turbidez, foram as mais bem representadas no ponto 22, situado no rio Bonito. No ponto 2, situado no rio Preto este grupo foi o segundo melhor representado.

As cianobactérias representaram o segundo grupo mais importante nos pontos 7 e 21, não sendo registradas no ponto 22.

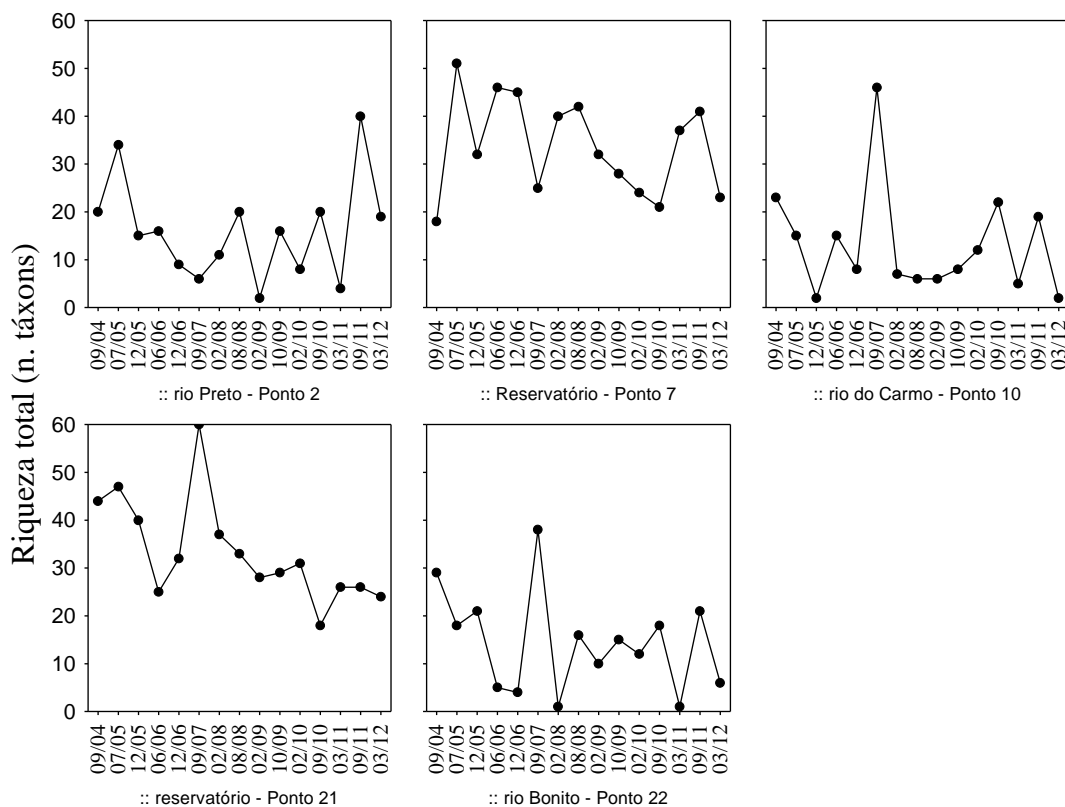


Figura 16. Riqueza de espécies fitoplanctônicas na área de influência da UHE Cana Brava (GO), durante o período de estudo.

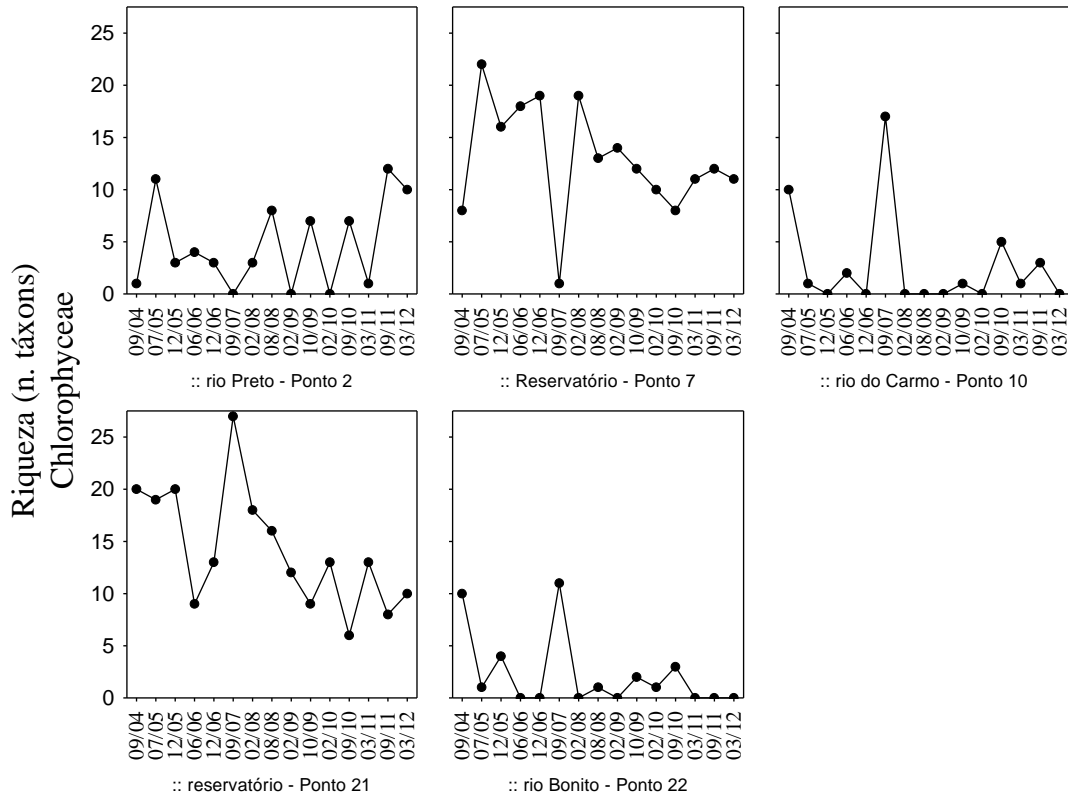


Figura 17. Riqueza de espécies de Chlorophyceae na área de influência da UHE Cana Brava (GO), durante o período de estudo.

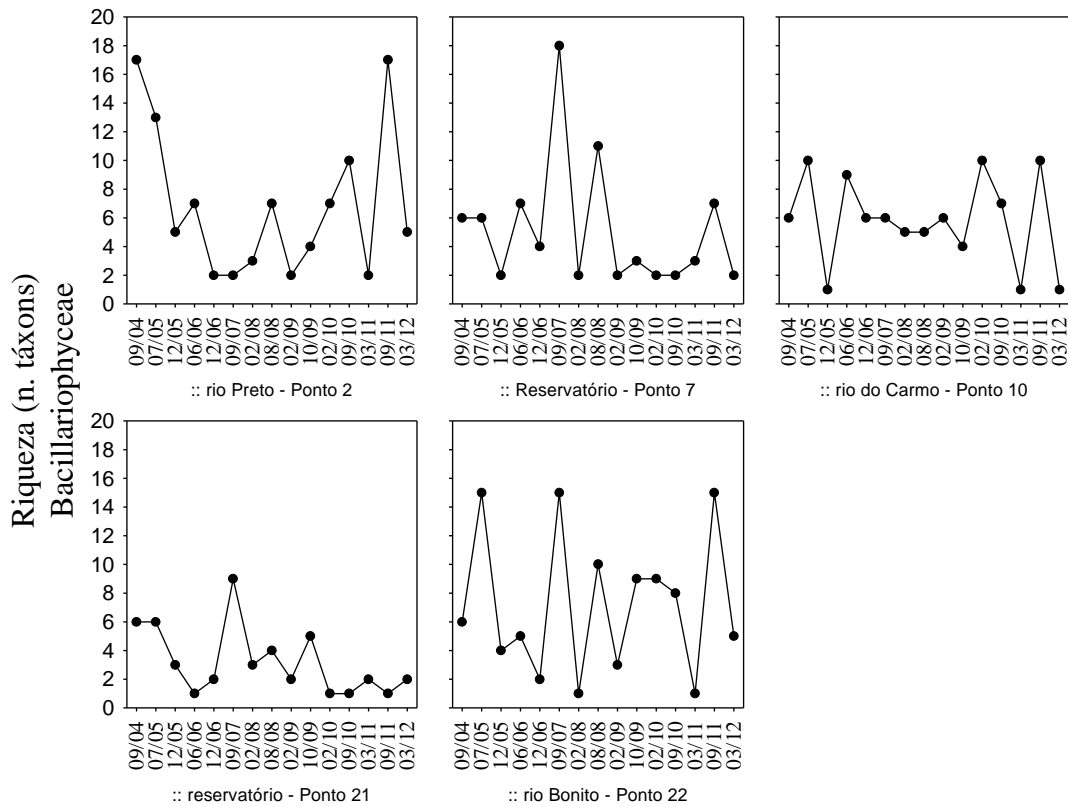


Figura 18. Riqueza de espécies de Bacillariophyceae na área de influência da UHE Cana Brava (GO), durante o período de estudo.

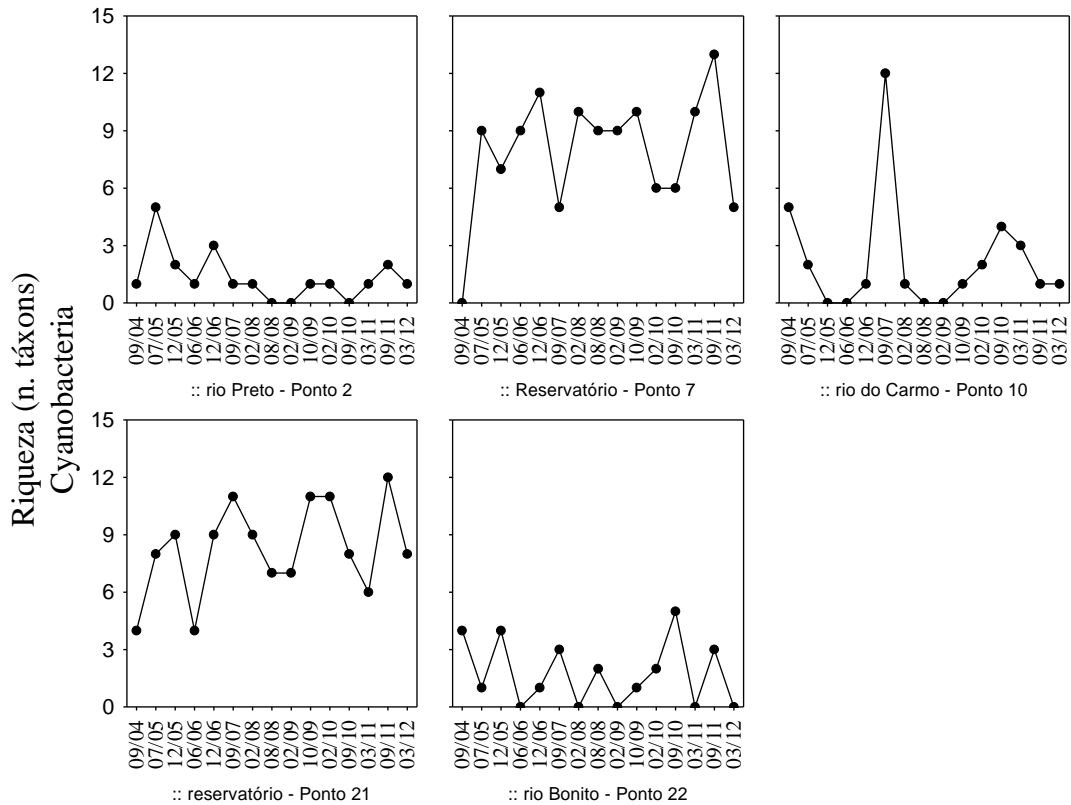


Figura 19. Riqueza de espécies de Cyanobacteria na área de influência da UHE Cana Brava (GO), durante o período de estudo.

Densidade e biomassa fitoplanctônica

Durante o período de estudo, os valores de densidade e biomassa fitoplanctônica foram baixos nos pontos amostrados na região lótica e elevados nos pontos amostrados na região lacustre do reservatório de Cana Brava, em especial no ponto 21, localizado próximo a barragem (**Figura 20**). Maiores valores ocorreram nos meses de seca e os menores no período chuvoso.

Os valores médios de densidade (1854 ind.mL^{-1}) e biomassa ($0,57 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$) fitoplanctônica verificados em março de 2012 foram superiores aos obtidos em setembro de 2011. Os valores de biovolume fitoplanctônico registrados em março de 2012, os quais foram inferiores a $2 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$, permitiram enquadrar o reservatório de Cana Brava como oligotróficos, utilizando os critérios estabelecidos por Vollenweider (1968, apud Lind et al., 1993), para a caracterização trófica dos ambientes. Estes resultados seguiram o verificado na maior parte do período de estudo, exceto para os pontos 2 e 21,

nos meses correspondentes ao período de seca, nos quais ocorreram condições eutróficas.

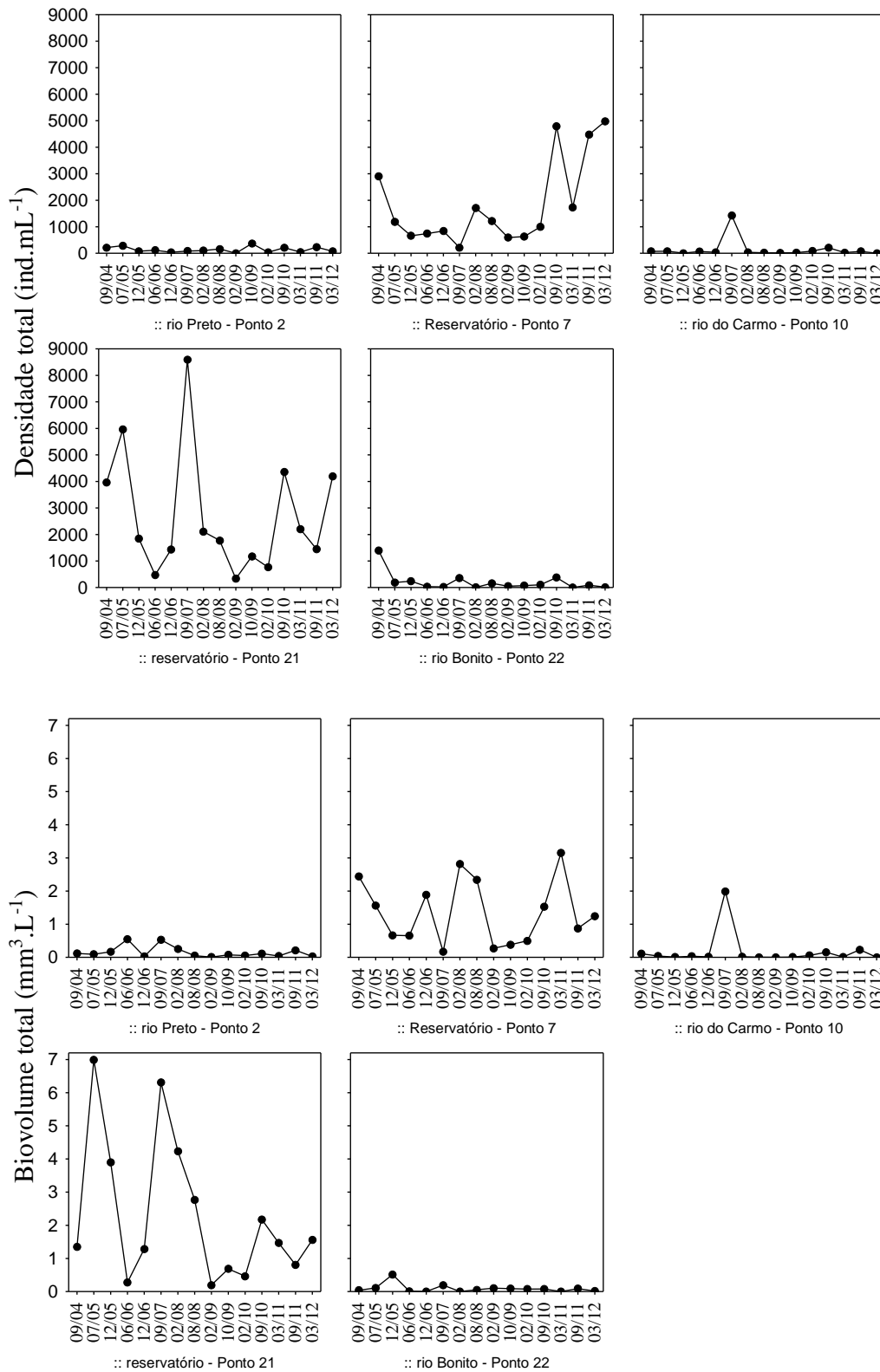


Figura 20. Densidade e biovolume fitoplânctônico nos pontos monitorados no reservatório Cana Brava (GO), durante o período de estudo.

Tabela 6. Densidade (ind.mL⁻¹) dos táxons fitoplancctônicos nos pontos monitorados no reservatório Cana Brava, em (GO), em março de 2012.

Táxons	Ponto 2	Ponto 7	Ponto 10	Ponto 21	Ponto 22
BACILLARIOPHYCEAE					
<i>Achnanthes</i> sp.	3		3		3
<i>Discostella stelligera</i> (Cl. & Grunow) Houk & Klee		14		73	
<i>Cymbella affinis</i> Kütz.	3				3
<i>Gomphonema augur</i> Ehrenb.					3
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz.) Kütz.	3				
<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.	1				
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Smith	14				3
<i>Nitzschia</i> sp.				1	
<i>Orthoseira</i> sp.		14			
<i>Pinnularia</i> sp.					3
CYANOBACTERIA					
<i>Aphanocapsa elachista</i> W. & West		116			
<i>Aphanocapsa koordersii</i> Stroem				15	
<i>Coelomorum tropicale</i> Senn., Peres & Kom.	1				
<i>Cyanodictyon</i> cf. <i>imperfectum</i> Cronb. & Weib.		435		204	
<i>Lemmermanniella pallida</i> (Lemmerm.) Geit.		145		262	
<i>Lemmermanniella parva</i> Hind.				15	
<i>Lemmermanniella flexa</i> Hind.				15	
<i>Planktolyngbya limnetica</i> (Lemmerm.) Kom.-Legn. & Cronb.		826	1	991	
<i>Snowella atomus</i> Kom. & Hind		2941		2419	
<i>Snowella lacustris</i> (Chodat) Komárek & Hindák				58	
CHLOROPHYCEAE					
<i>Chlamydomonas</i> sp.	1				
<i>Closteriopsis</i> sp.	1				
<i>Coelastrum pulchrum</i> Schm.		1			
<i>Crucigeniella rectangularis</i> (Näg.) Kom.		14			
<i>Desmodesmus hystrix</i> (Lagerh.) Hegew.	3				
<i>Euastropsis richteri</i> (Schim.) Lag.				1	
<i>Eutetramorus fottii</i> (Hind.) Kom. Senu Kom.	9	29		15	
<i>Fusola</i> sp.		1		15	
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Kom. - Legn	3				
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berk.) Kom.-Legn.	6	362		15	
<i>Monoraphidium irregulare</i> (G. M. Smith) Kom.-Legn.	3	14			
<i>Monoraphidium komarkovae</i> Nyg.	1				
<i>Monoraphidium tortile</i> (W. e G.S. West) Komárk.- Legn.	3				
<i>Nephrocytium agardhianum</i> Nageli		1			
<i>Oocystis lacustris</i> Chod.				1	
<i>Scenedesmus acunae</i> Com.		1		15	
<i>Scenedesmus eornis</i> (Ehrenb. ex Ralfs) Chod.	3			15	
<i>Tetraedron caudatum</i> (Cor.) Hansg.		43		15	
<i>Tetraedron minimum</i> (A. Br.) Hansg.				15	
<i>Tetrastrum komarekii</i> Hind.		1		1	
Chlorococcales não identificada 2		1			
CHRYSOPHYCEAE					
<i>Dinobryon divergens</i> Imh.		14		29	
<i>Mallomonas</i> sp.	6				
EUGLENOPHYCEAE					
<i>Trachelomonas oblonga</i> Lemmerm.				1	
CRYPTOPHYCEAE					
<i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja	3				
<i>Cryptomonas</i> sp.	11	1			
ZYGNEMAPHYCEAE					
<i>Staurastrum tetracerum</i> (Kütz.) Ralfs		1		1	
<i>Staurastrum tetracerum</i> var. <i>excavatum</i>		1			
<i>Stauridium tetras</i> (Ehrenberg) E. Hegew.				1	
DINOPHYCEAE					
<i>Peridinium</i> sp1.		1			
OEDOGONIOPHYCEAE					
<i>Oedogonium</i> sp.					1

Como destacado em relatórios anteriores, o maior desenvolvimento fitoplanctônico na região lântica do reservatório pode ser atribuído ao maior tempo de retenção da água e conseqüente maior estabilidade da coluna de água nesta região, como tem sido verificado para outros reservatórios situados no rio Tocantins (Lajeado, Peixe Angical e São Salvador) e rio Corumbá (Corumbá III) (dados não publicados). Já os menores valores de densidade e biomassa obtidos nos pontos 2, 10 e 22 (**Figura 20**), localizados respectivamente no rio Preto, rio do Carmo e rio Bonito, foram provavelmente decorrentes da maior velocidade de corrente e turbidez que estes ambientes apresentam. A alta vazão e a carga de sólidos são os principais fatores que regulam as alterações das variáveis físicas, químicas e da comunidade fitoplanctônica de sistemas lóticos (Chételat et al., 2006; Reynolds, 2006).

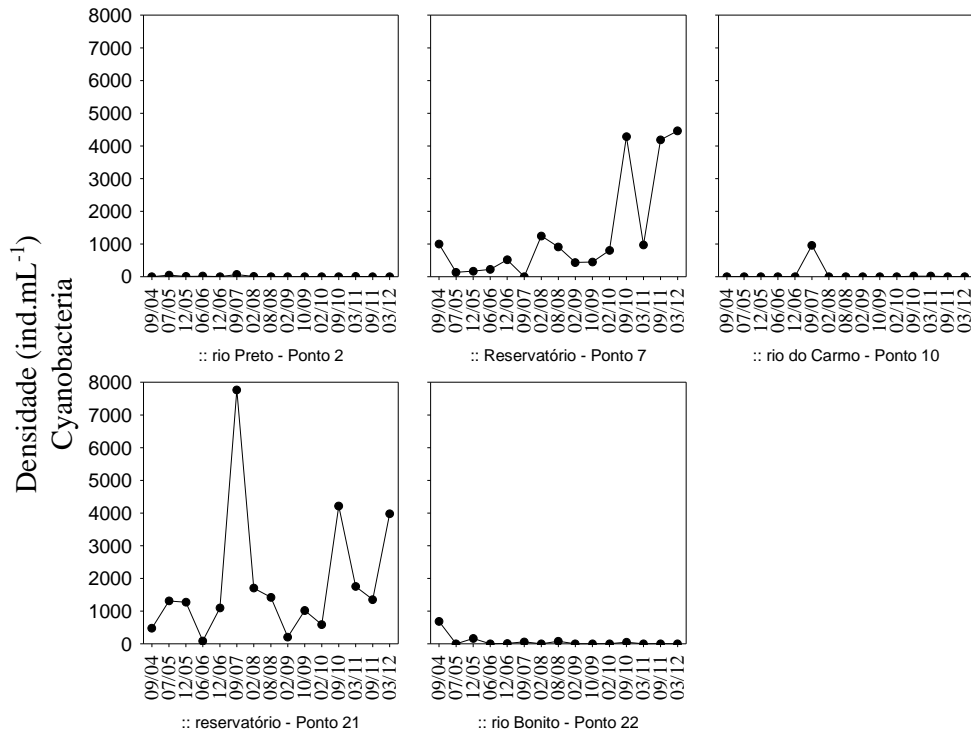
Ao longo do monitoramento, os grupos com maior contribuição aos valores de densidade e biomassa foram Cyanobacteria, Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Zygnemaphyceae, Cryptophyceae e Chrysophyceae. Em março de 2012, os grupos mais importantes foram Cyanobacteria (**Figura 21**), Chlorophyceae (**Figura 22**) e Bacillariophyceae (**Figura 23**).

As cianobactérias foram dominantes nos pontos 7 e 21, e como verificado nos meses de estudo anteriores, foram representadas por coloniais dos gêneros *Cyanoduction*, *Lemmermanniella*, *Snowella* e *Aphanocapsa* e pela filamentosa homocitada *Planktolyngbya limnetica*, os quais possuem pequenas dimensões, o que justifica os baixos valores de biovolume registrados na maior parte do período de estudo.

Assim como verificado ao longo do monitoramento, os resultados de biovolume de cianobactérias obtidos em março de 2012 possibilitaram o enquadramento das águas dos pontos monitorados na Classe 2 ($< 5 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$), de acordo com o padrão estabelecido para as águas doces quanto a este parâmetro pela resolução do CONAMA n. 357/05.

Como também verificado nos meses de estudo anteriores, as clorofíceas representadas quase que exclusivamente pela Ordem Chlorococcales, representaram o segundo grupo mais importante para a abundância fitoplanctônica nos pontos 7 e 21 (**Figura 22**). Estas algas são favorecidas em condições de disponibilidade luminosa e nutrientes, especialmente o fósforo, e mistura da coluna de água (Reynolds et al., 2002).

As bacilarfóceas apresentaram baixa contribuição em todos os pontos em março de 2012, sendo representadas por táxons meroplancônicos no ponto 21 e ticoplanctônicos nos pontos lóticos, provavelmente relacionado à adaptação que estas apresentam às condições lóticas, devido à alta taxa de crescimento, alta razão superfície-volume e baixo limiar de saturação de luz (Reynolds, 1994; Reynolds e Descy, 1996).



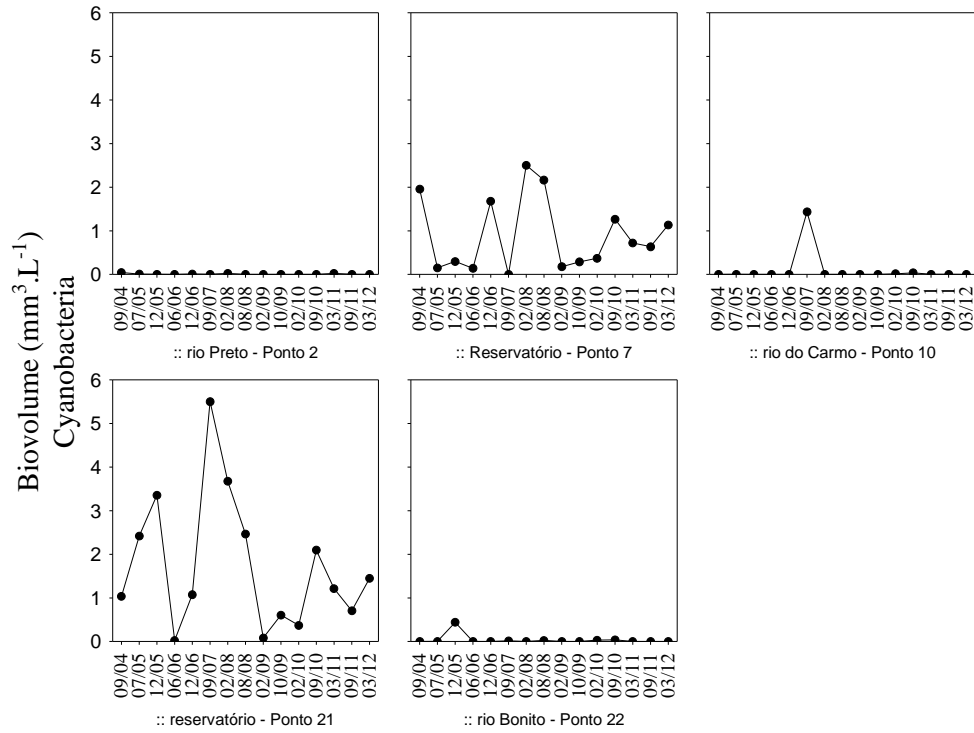
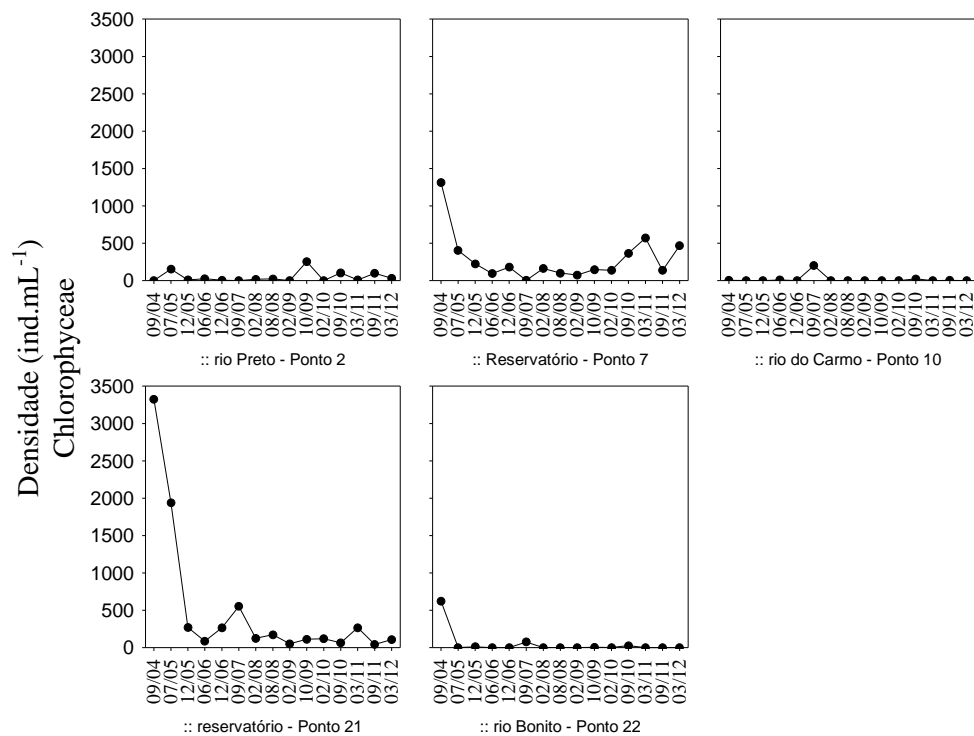


Figura 21. Densidade e biovolume de Cyanobacteria nos pontos monitorados no reservatório Cana Brava (GO), durante o período de estudo.



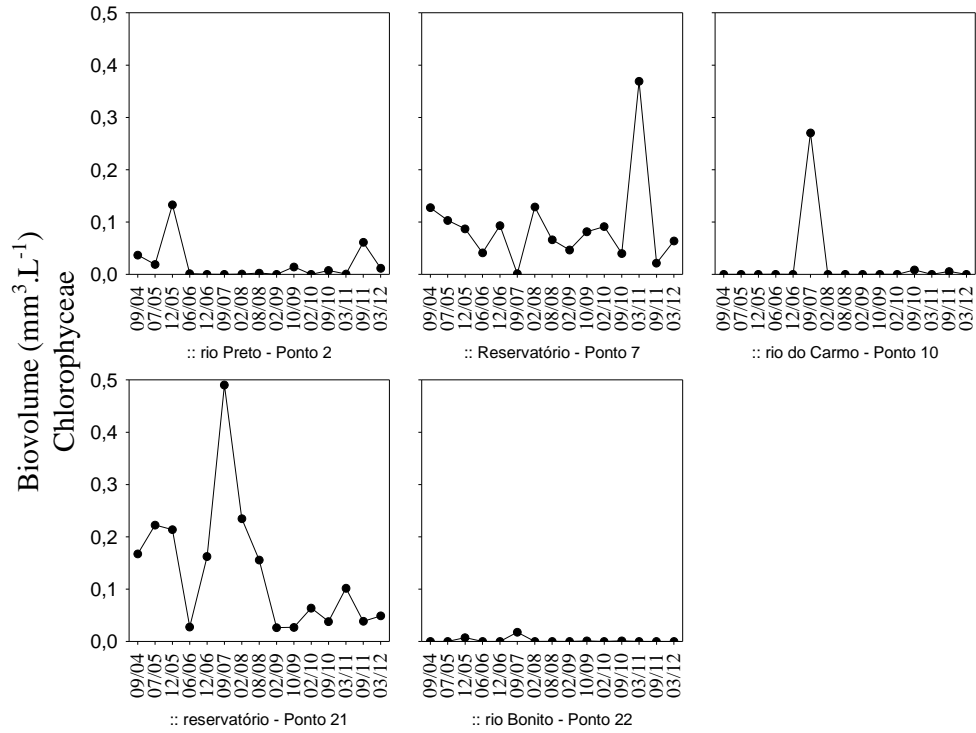
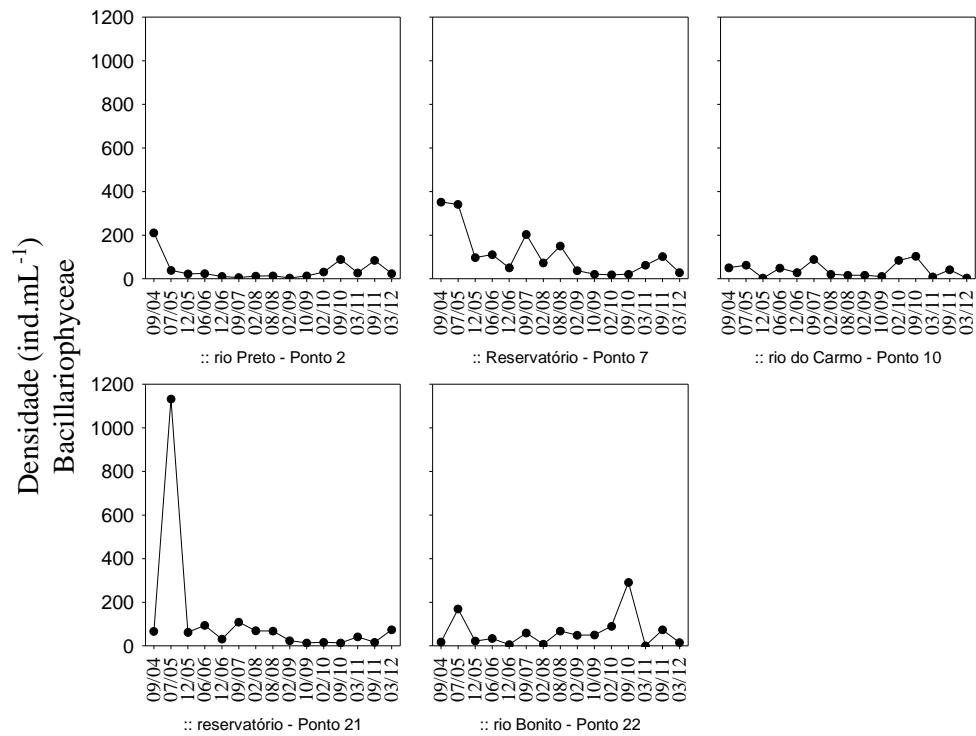


Figura 22. Densidade e biovolume de Chlorophyceae nos pontos monitorados no reservatório Cana Brava (GO), durante o período de estudo.



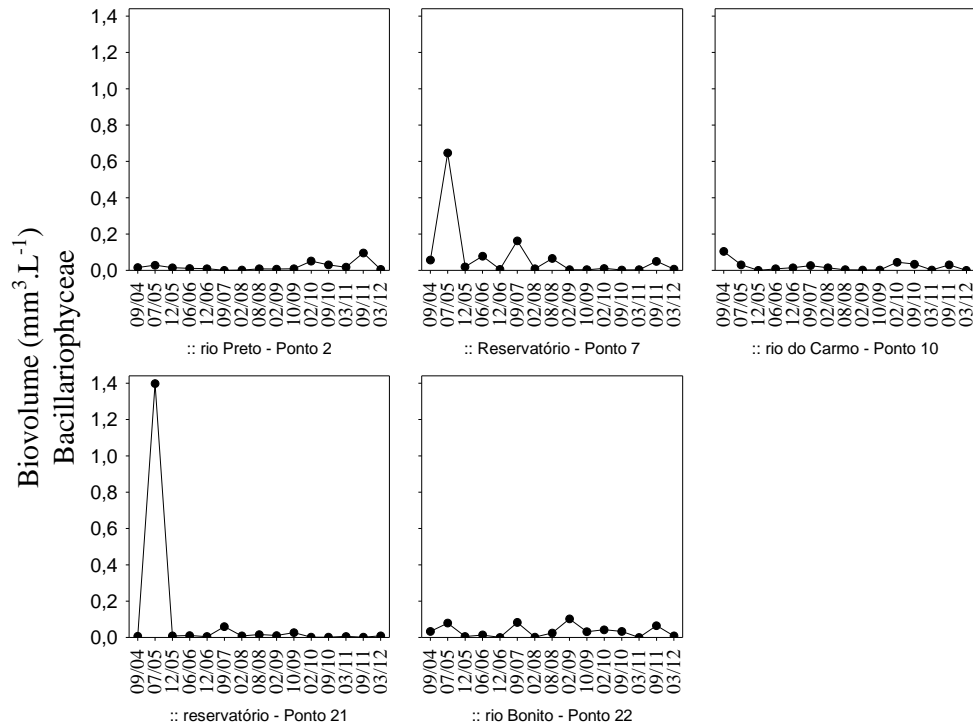


Figura 23. Densidade e biovolume de Bacillariophyceae nos pontos monitorados no reservatório Cana Brava (GO), durante o período de estudo.

8.2. Comunidade Zooplânctônica

Metodologia

As amostras de zooplâncton foram obtidas logo abaixo da superfície utilizando-se uma moto-bomba. Por amostra, 1000 litros de água foram filtrados em uma rede de plâncton de 68 μm de abertura de malha. O material coletado foi acondicionado em frascos de polietileno e fixado em solução de formaldeído a 4%, tamponada com carbonato de cálcio.

Previamente às análises, as amostras de zooplâncton foram coradas com Rosa de Bengala, a fim de aprimorar a visualização dos organismos nas amostras. Em seguida, foram concentradas em um volume conhecido e variável (75 a 600 mL), considerando a quantidade de organismos e, principalmente, a quantidade de material em suspensão na amostra, que dificultou a visualização dos espécimes na mesma.

A composição zooplânctônica foi avaliada utilizando-se lâminas e lamínulas comuns e microscópio óptico. A abundância da comunidade foi estimada através da contagem, em câmaras de Sedgwick-Rafter, de 05 (cinco)

sub-amostras, de 1,5 ml (total de 7,5 ml), obtidas com pipeta do tipo Hensen-Stempell, sendo os resultados de densidade final apresentados em indivíduos por m³. Visto que o método de sub-amostragem não é suficiente para fornecer resultados satisfatórios de riqueza de espécies, após as contagens das sub-amostras, procedeu-se uma análise qualitativa das mesmas. Como riqueza de espécies, considerou-se o número de espécies presentes em cada unidade amostral (ponto de amostragem).

Resultados

Os resultados de composição do zooplâncton, obtidos para a área de influência do Reservatório de Cana Brava, em março de 2012, evidenciaram a ocorrência de apenas 21 táxons, destacando-se, novamente neste período, os protozoários testáceos, com 9 espécies, seguidos por rotíferos com 5 táxons, cladóceros com 4 e copépodes com 3 espécies (**Tabela 7**).

Temporalmente, observa-se, mais uma vez, um decréscimo marcante no número de espécies para a área de estudo em março, quando comparados àqueles obtidos no período de estiagem (setembro). Em setembro de 2011, por exemplo, registrou-se a ocorrência de 47 táxons para a área de estudo. Ressalta-se a redução expressiva no número de espécies registrado em março último, bem inferior àquele registrado em março de 2011, quando foram registradas 34 espécies.

De qualquer forma, os resultados obtidos em março último corroboram o padrão que tem sido registrado para a área de estudo, ou seja, alterações cíclicas no número de espécies para a área de estudo, determinadas pelas variações hidrodinâmicas sazonais associadas ao regime de chuvas, tem proporcionado, de maneira geral, uma elevada diversidade do zooplâncton no período de estiagem (setembro), e uma redução substancial nesta diversidade no período de chuvas (março).

Como relatado anteriormente, mais uma vez, os testáceos predominaram, em termos de número de espécies (**Tabela 7**), evidenciando a ocorrência de áreas lóxicas no delineamento amostral do programa de monitoramento da área de influência do reservatório de Cana Brava.

Tabela 7. Inventário de espécies registradas nas amostras de zooplâncton e suas respectivas densidades, nos diferentes pontos de amostragem do programa de monitoramento do reservatório de Cana Brava, em março de 2012.

GRUPO	FAMÍLIA	ESPÉCIES/ PONTOS	Ponto 2	ponto 7	ponto 10	Ponto 21	Ponto 22
Testacea	Arcellidae	<i>Arcella discooides</i>	20		1		
		<i>A. hemisphaerica</i>	10				
		<i>A. vulgaris</i>	10				
	Centropxyidae	<i>Centropxyis aculeata</i>	20		4		1
		<i>C. aerophyla</i>			1		
		<i>C. ecomis</i>	1		2		
		<i>C. spinosa</i>			1		
	Cyclopyxis	<i>Cyclopyxis kahli</i>	10				
	Plagyopyxidae	<i>Plagyopyxis</i> sp.	10				
TOTAL TECAMEBAS			81	0	9	0	1
Rotifera	Brachionidae	<i>Brachionus angularis</i>	10				
	Lecanidae	<i>Lecane lunaris</i>	1				
		<i>L. quadridentata</i>	1				
	Philodinidae	Bdeloidea	30		1		
	Proalidae	<i>Proales</i> sp.	2				
TOTAL ROTÍFEROS			44	0	1	0	0
Cladocera	Bosminidae	<i>Bosmina hagmanni</i>		1680		80	
		<i>Bosminopsis deitersi</i>	1				
	Daphnidae	<i>Daphnia gessneri</i>		80			
	Sididae	<i>Diaphanosoma spinulosum</i>		800		80	
TOTAL CLADÓCEROS			1	2560	0	160	0
Copepoda	Cyclopidae	<i>Thermocyclops minutus</i>		80			
		nauplio de Cyclopoida	10	1120	3	80	1
		copepodito de Cyclopoida	1	240		20	
	Diaptomidae	<i>Argirodiaptomus azevedoi</i>			7		2
		<i>Notodiaptomus cearensis</i>			960		40
		nauplio de Calanoida			1200		380
		copepodito de Calanoida			3200		660
TOTAL CLADÓCEROS			1	2560	0	160	1

Em relação à composição dos diferentes grupos, em março de 2012, destacaram-se, mais uma vez, entre os testáceos, as famílias Arcellidae e Centropxyidae (**Tabela 7**), famílias estas frequentemente registradas entre as três mais especiosas de testáceos, em ambientes dulcícolas amplamente aquáticos, como rios, lagos e reservatórios (Velho, 1999, Vieira et al., 2007, Lansac-Tôha et al., 2007; Alves et al., 2010).

Para os rotíferos, a maioria das famílias esteve representada, em março de 2012, por apenas uma espécie, com exceção dos lecanídeos, representados por 2 espécies (**Tabela 7**). O mesmo foi observado para os cladóceros, destacando-se apenas os bosminídeos com 2 espécies (**Tabela 7**).

Entre os copépodes, registrou-se em março último, o predomínio de diaptomídeos, representados por 2 espécies, enquanto que os Cyclopidae, foram representados por apenas uma (**Tabela 7**).

Riqueza de espécies

Os resultados de riqueza de espécies obtidos em março de 2012 evidenciaram valores variando entre apenas 2 e 14 espécies (**Figura 24**), com média aproximada de 7 espécies para a área de estudo, sendo este valor médio o mais baixo já registrado para a área de estudo nos últimos anos de monitoramento, comparável àquele registrado em março de 2009, quando foi registrada uma riqueza média de 9 espécies.

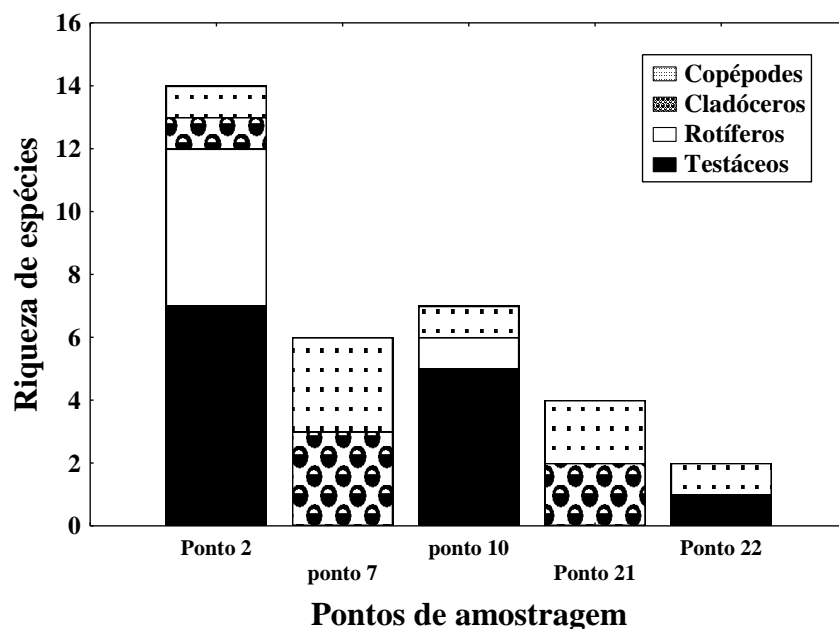


Figura 24. Variação espacial da riqueza de espécies dos diferentes grupos zooplancônicos registrados nos pontos de amostragem do programa de monitoramento do reservatório de Cana Brava, em março de 2012.

Especialmente, maiores valores de riqueza de espécies foram registrados nos pontos 2 e 10, onde observou-se, novamente, o predomínio de testáceos e rotíferos (especialmente no primeiro ponto). Por outro lado, os menores valores deste atributo foram verificados nos pontos 21 e 22, caracterizados pela ausência de rotíferos, e ainda, a ausência de testáceos no ponto 21 e de cladóceros no ponto 22 (**Figura 24**). Nesse sentido, observou-se, em geral, uma evidente tendência de redução da riqueza de espécies desde o

ponto mais a montante (ponto 2) até a área a jusante do reservatório (Ponto 22) (**Figura 24**).

Abundância

Em março de 2012, os valores de densidade do zooplâncton variaram entre 2 e 5.120 ind.m⁻³ (**Figura 25**), com uma densidade média aproximada de 1116 ind.m⁻³ para a área de estudo. Temporalmente esse resultado evidencia uma redução de cerca de 50% na densidade do zooplâncton considerando a média de aproximadamente 2000 ind.m⁻³ registrada em setembro.

Em geral, a redução da velocidade de corrente nas áreas lênticas de reservatórios propiciam um desenvolvimento expressivo da densidade zooplanctônica, comunidade fortemente limitada pela velocidade de corrente em ambientes lóticos. Nesse sentido, em reservatórios com baixo tempo de residência da água e com elevado grau de trofia, determinado normalmente pela entrada de nutrientes oriundos de áreas urbanas localizadas em seu entorno, observam-se densidades do zooplâncton muito elevadas, próximas a 1.000.000 ind.m⁻³ (Lansac-Tôha *et al.*, 2005). Nesse sentido, os valores de densidade observados para a comunidade zooplanctônica na área de influência do reservatório de Cana Brava devem ser considerados extremamente baixos, se comparados a reservatórios eutróficos.

Diversos fatores podem ser responsáveis pela determinação destes resultados, destacando-se, em geral, como mais importantes, o baixo tempo de residência da água, condições limnológicas limitantes (especialmente em relação à concentração de oxigênio dissolvido) e principalmente condições oligotróficas (reduzida produtividade primária) registradas em muitos reservatórios, em especial naqueles mais a jusante em uma sequência de reservatório, devido ao aprisionamento de nutrientes nos reservatórios a montante.

Especialmente, maiores valores de densidade do zooplâncton foram registrados, novamente, nos pontos predominantemente lênticos, o ponto 21 e, especialmente, o ponto 7. Corroborando o padrão frequentemente registrado em períodos anteriores, nestes pontos predominaram os microcrustáceos, que foram, na verdade, os únicos grupos registrados nestes pontos. Por outro lado, valores extremamente reduzidos de densidade foram observados nos pontos

10 e 22, onde os testáceos foram, em geral, melhor representados, assim como observado no ponto 2, sendo estes pontos fortemente influenciados por condições lóticicas (**Figura 25**).

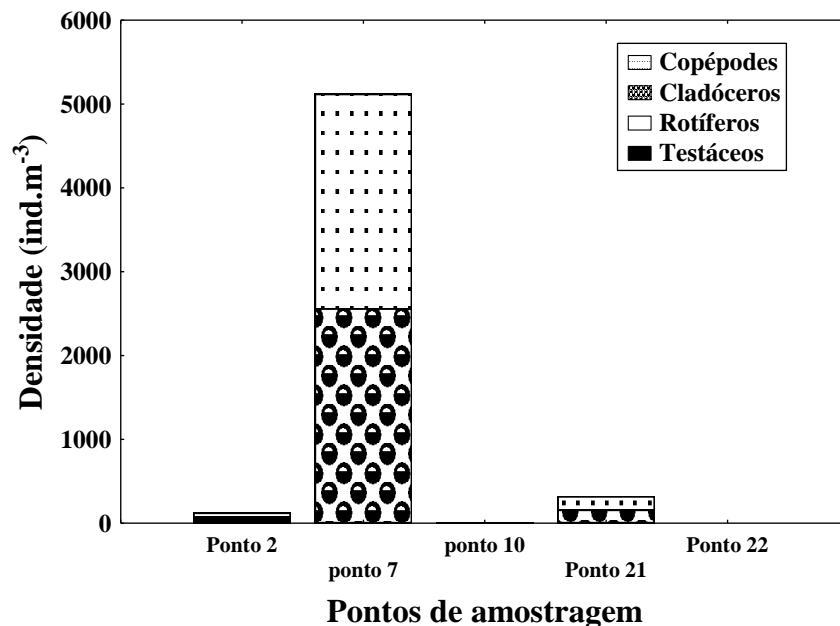


Figura 25. Variação espacial da abundância dos diferentes grupos zooplânctônicos registrados nos pontos de amostragem do programa de monitoramento do reservatório de Cana Brava, em março de 2012.

Considerando-se a participação das diferentes espécies na abundância do zooplâncton, entre os protozoários testáceos, os quais, apesar das baixas abundâncias, predominaram novamente nos pontos 2, 10 e 22, destacaram-se este mês as espécies *Centropyxis aculeata* e *Arcella discoides* (**Tabela 7**). Entre os rotíferos, que também foram, mais uma vez, pobremente representados na área de estudo, destacaram-se as espécies *Brachionus angularis*, além dos bdloideos (**Tabela 7**).

Para os cladóceros, destacaram-se, neste último período de amostragem *Bosmina hagmanni* e *Diaphanosoma spinulosum*, abundantes essencialmente no ponto 7 (**Tabela 7**).

Entre os copépodes, que também apresentaram elevadas densidades no ponto 7, destacaram-se novamente suas formas jovens (náuplios e copepoditos), e em março último especialmente os jovens (copepoditos) de diaptomídeos (**Tabela 7**). Como já amplamente discutido em relatórios anteriores, a dominância de náuplios e copepoditos em relação aos adultos é freqüentemente registrada em reservatórios brasileiros (Cabianca e Sendacz,

1985; Lopes *et al.*, 1997; Lansac-Tôha *et al.*, 1999; Serafim Jr, 2002), sendo a produção de um grande número de formas larvais uma estratégia reprodutiva do grupo (Cabianca e Sendacz, 1985).

Para os adultos deste grupo, assim como em períodos anteriores, predominaram também os diaptomídeos, representados, em grande parte, por *Notodiaptomus cearensis*. Entre os ciclopídeos, a ocorrência de *Thermocyclops minutus* sugere, mais uma vez, uma boa qualidade ambiental para a área de estudo, considerando que a presença e abundância desta espécie, em relação a sua congênica, *T. decipiens*, ocorre preferencialmente em reservatórios de bacias preservadas.

8.3. Comunidade Zoobentônica

Metodologia

A amostragem qualitativa e quantitativa dos organismos bentônicos foi realizada com uma draga de Petersen em todos os pontos. O material coletado foi levado ao laboratório e processado utilizando uma série de peneiras com diferentes aberturas de malhas, para facilitar o processo de triagem. Em seguida foi acondicionado em frascos plásticos e fixado com álcool 80%. A análise desse material (triagem, identificação e contagem dos táxons encontrados) foi realizada com estereomicroscópio. Foram utilizadas as seguintes referências bibliográficas para auxílio nas identificações dos táxons: Edmondson (1959), Wiggins (1977), Edmunds Jr. et al. (1979), Wiederholm (1983), Pérez (1987), McCafferty (1988), Peckarsky et al. (1990), Thorp e Covich (1991), Epler (1992), Trivinho-Strixino e Strixino (1995), Merrit e Cummins (1996), Rosemberg e Resh, (1996) Pes et al. (2005) e Mugnai et al. (2010).

A densidade numérica dos invertebrados bentônicos foi calculada pela área do amostrador Petersen e o resultado expresso em indivíduos por metro quadrado.

Resultados

Em março de 2012 foram identificados 16 táxons da comunidade bentônica, na área de influência do UHE Cana Brava (**Tabela 8**). Foi verificada uma redução da diversidade geral em relação à registrada em setembro de 2011 (21 táxons), período seco. Essa redução já era esperada, pois pode ser atribuída à influência do período chuvoso.

Dentre os táxons anotados, destaca-se Chironomidae e Oligochaeta, registrados em todos os locais monitorados (**Tabela 8**). Esses táxons foram os que apresentaram maiores valores de frequência e abundância durante todo o monitoramento da comunidade bentônica realizado no período pós-enchimento do lago da UHE Cana Brava.

Foi verificada a redução da riqueza de Ephemeroptera e de Trichoptera em março de 2012, em relação à amostragem realizada em setembro, período seco. Assim como nas amostragens anteriores, em março de 2012 a maior riqueza taxonômica foi registrada no ponto 10, que é um ambiente lótico, com substrato formado por pedras e folhiço (**Figura 26**).

Os demais pontos (2, 7, 21 e 22) apresentaram baixa riqueza taxonômica, entre 5 e 6 táxons (**Figura 26**). O ponto 21, próximo à barragem, além de apresentar riqueza de apenas táxons mais resistentes, registrou o Gastropoda *Melanoides*, que é um molusco invasor que domina os locais onde vive devido ausência de predador natural. Apesar desse fator, até o momento foi registrado em baixa densidade. Esse local apresenta a maior profundidade dentre os monitorados, por isso a presença de táxons mais resistentes.

A variação da riqueza taxonômica verificada entre as amostragens deve-se principalmente à sazonalidade, uma vez que sempre no período chuvoso o reservatório em questão apresenta influência de vários tributários o que o torna mais sujeito às alterações físicas impostas pela influência pluvial. Assim, nas amostragens realizadas em março, a riqueza sempre é menor do que a verificada em setembro.

Em março de 2012 foi verificada baixa abundância total em praticamente todos os locais estudados, com exceção dos pontos 10 e 22. O ponto 10, por ter apresentado maior riqueza e o ponto 22, devido às altas densidades de Chironomidae e Nematoda, o que influenciou nos baixos valores de equitabilidade (**Figura 27 e Tabela 8**).

Tabela 8. Comunidade de invertebrados bentônicos em março de 2012.

Táxons	P2	P7	P10	P21	P22	Abundância Média	Frequência
Diptera							
Chironomidae	80	40	60	60	200	88	5
Ceratopogonidae	0	0	40	20	20	16	3
Ephemeroptera							
Ephemeroptera NI	0	20	0	20	0	8	2
<i>Cloeodes</i>	40	0	20	0	0	12	2
<i>Hagenulopsys</i>	40	0	0	0	0	8	1
<i>Campilocia</i>	0	0	40	0	0	8	1
Trichoptera							
<i>Macronema</i>	20	0	40	0	0	12	2
<i>Nectopsyche</i>	0	20	0	0	0	4	1
Collembola							
	0	0	20	0	0	4	1
Gastropoda							
Gastropoda NI	0	0	0	0	20	4	1
<i>Melanoides</i>	0	0	0	20	0	4	1
Ostracoda							
	0	40	0	0	0	8	1
Anellida							
Oligochaeta	40	20	20	80	40	40	5
Hydracarina	0	0	20	0	0	4	1
Nematoda							
	0	0	0	0	240	48	1
Nemertea							
	0	0	0	0	60	12	1
Abundância Total	220	140	780	200	580		
Riqueza	5	5	8	5	6		
Índice de Shannon	0,699	0,699	0,903	0,699	0,778		
Equitabilidade	0,942	0,963	0,958	0,881	0,772		

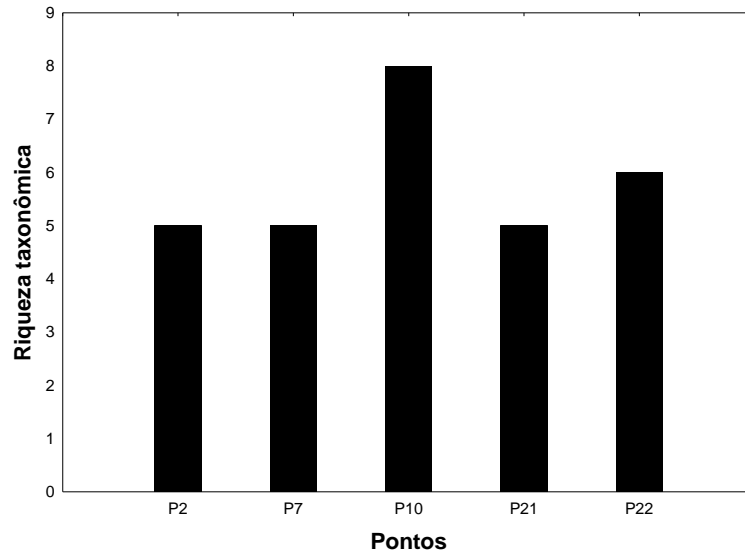


Figura 26. Riqueza taxonômica registrada nos locais amostrados, em março de 2012.

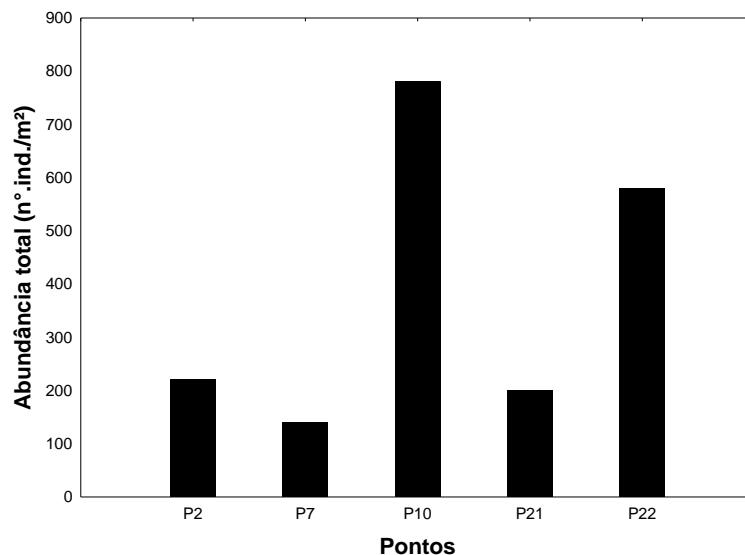


Figura 27. Abundância total registrada nos pontos amostrados em março de 2012.

Em março de 2012, assim como nas amostragens anteriores, os táxons Chironomidae e Oligochaeta apresentaram as maiores abundâncias médias e freqüências. Nematoda também apresentou alta abundância média nesse período (**Figuras 28 e 29**). Chironomidae e Oligochaeta são táxons que se destacam na fauna bentônica de sedimentos lânticos, por participarem do aspecto funcional e estrutural da comunidade (Silva *et al.*, 2009). Além disso, são extremamente resistentes à mudanças que o ambiente possa vir a sofrer, vivendo tanto em locais poluídos como em ambientes que apresentam ótima

qualidade da água.

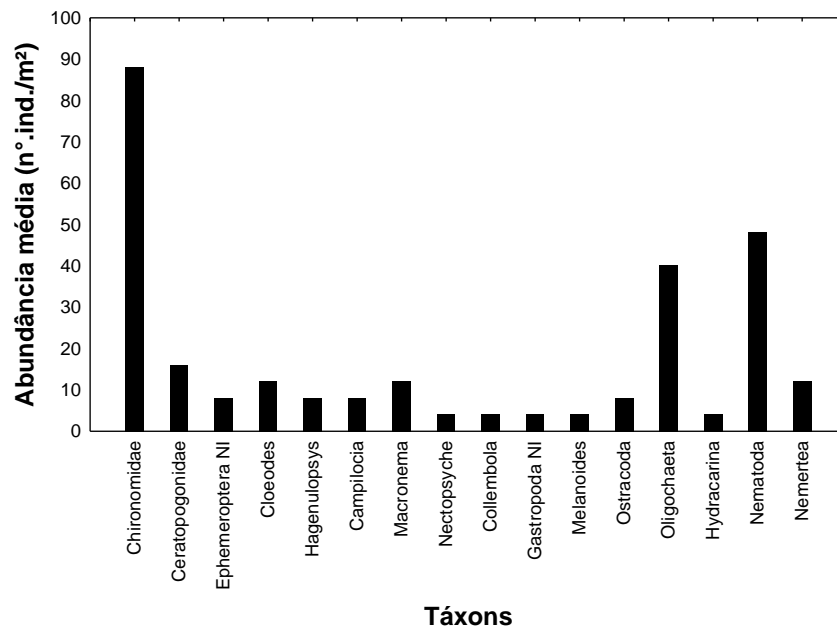


Figura 28. Abundância média dos táxons amostrados em março de 2012.

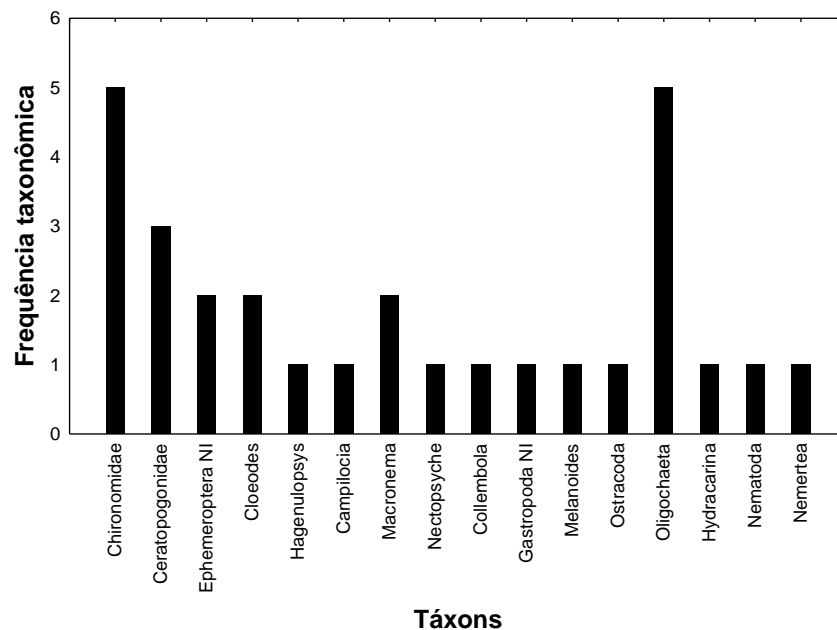


Figura 29. Frequência taxonômica registrada nos locais amostrados em março de 2012.

Na maioria dos pontos amostrados o substrato coletado foi areia fina e matéria orgânica, favorecendo então os táxons registrados com as maiores densidades e frequências (Oligochaeta, Chironomidae e Ceratopogonidae). O tipo de substrato interfere na fauna bentônica, pois esta depende dele essencialmente como fonte de alimento sob a forma de substâncias autóctones

ou alóctones rica em energia (Merrit e Cummins, 1996), além de servir de abrigo e local para fixação.

Em março de 2012 os maiores índices de diversidade foram registrados nos pontos 10 e 22, devido às maiores valores de riqueza registrados nesses locais. A equitabilidade apresentou valores similares entre os locais monitorados, com exceção do ponto 22, que devido ao predomínio de Chironomidae e Nematoda, registrou uma equitabilidade mais baixa (**Tabela 8**).

Em geral, os pontos do reservatório apresentaram uma estrutura similar, apresentando alterações especialmente decorrentes da sazonalidade. É importante mencionar que os táxons da comunidade bentônica registrados na área da UHE Cana Brava são comumente registrados em reservatórios.

9. Próximas atividades

Em junho de 2012 será realizada a campanha de campo trimestral, onde serão coletadas, somente, amostras de água para as análises físico-químicas.

10. Referências

- ALVES, G.M. ; VELHO, LFM ; SIMÕES, NR ; LANSAC-TÔHA, FA. Biodiversity of testate amoebae (Arcellinida and Euglyphida) in different habitats of a lake in the Upper Paraná River floodplain. **European Journal of Protistology**, 46, p. 310-318, 2010.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington: Byrd Prepress Springfield, 2005.
- BICUDO, C.E.M.; MENEZES, M. **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil**: chave para identificação e descrições. São Carlos: RIMA, 2006. 489 p.
- CABIANCA, M.A.A., SENDACZ, S. Limnologia do reservatório do Borba (Pindamonhangaba,SP). II-Zooplâncton. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.12, n. 3, p. 86-95, 1985.
- CHÉTELAT, J. *et al.* Potamoplankton size structure and taxonomic composition: Influence of river size and nutrient concentrations. **Limnology Oceanography**, 51(1, part 2): 681–689, 2006.
- CODD, G.A. et al. Cyanobacterial toxins: risk management for health protection. **Toxicol. and Applied Pharm.**, v. 203, p. 264-272, 2005.
- EDMUNDS Jr., G.F.; JENSEN, S.L.; BERNER, L. **The Mayflies of North and Central America**. University of Minnesota Press, 1979. 330 p.
- EPLER, J. H. **Identification manual for the larval Chironomidae (Diptera) of Florida**. Florida, USA, 1992.
- ESTEVEES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Interciência – FINEP, Rio de Janeiro, 1998. 575p.
- FERNÁNDEZ, H. R., DOMINGUEZ (eds.). **Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos**. Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Tucumán, 282p, 2001.
- GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. **Methods for physical and chemical analysis of freshwaters**. 2nd ed. Oxford: Blackwell Scientific, 1978. (IBP Handbook, no. 8) 214 p.
- KALFF, J. **Limnology**. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 592 p.

- LANSAC-TOHA, F.A. *et al.* Estrutura da comunidade zooplanctônica antes e após a formação do reservatório de Corumbá-GO. In: HENRY, R (Ed.). **Ecologia de reservatórios**: estrutura, função e aspectos sociais. Botucatu: Fundibio/Fapesp. cap. 12, p. 347-74, 1999.
- LANSAC-TOHA, F.A. *et al.* Zooplankton in the upper Paraná river floodplain: richness, abundance and relationships with the hydrological level and the connectivity. In: AGOSTINHO, A.A. *et al.* (Org.). **Structure and Function of the Paraná River and its floodplain**. Eduem, Maringá, 2004. p. 75-84.
- LANSAC-TOHA, F.A., *et al.* Species richness and geographic distribution of testate amoebae (Rhizopoda) in Brazilian freshwater environments. **Acta Scientiarum**, v. 29, p. 63-74, 2007.
- LIND, O.T., *et al.* Problems in reservoir trophic-state classification and implications for reservoir management. In STRASKRABA, M., *et al* (eds). **Comparative reservoir limnology and water quality management**. Kluwer Academic Press, Netherlands, 1993. p. 57-67.
- LOPES, R.M. *et al.* Comunidade zooplanctônica do Reservatório de Segredo. In: AGOSTINHO, A.A., GOMES, L.C. (ed.). **Reservatório de Segredo**: bases ecológicas para o manejo. Maringá: Eduem. 1997. Cap. 3, p. 39-60.
- MACKERETH, F.Y.H.; HERON, J.G.; TALLING, J.J. **Water analysis some revised methods for limnologist**. Ambleside: Freshwater Biological Association, 1978. (Freshwater Biological Association. Scientific Publication, v. 36) 120 p.
- MAGURRAN, A.E. **Ecological Diversity and Its Measurement**. Princeton Univ. Press, New Jersey, 179p., 1988.
- MCCAFFERTY, W.P. **Aquatic entomology**. Ed. Jones and Bartlett Publishers, Boston, USA, 1988.
- MERRITT, R.W., CUMMINS, K.W. **An introduction to the aquatic insects of North America**. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa, USA, 1996.
- MUGNAI, R., NESSIMIAN, J.L., BAPTISTA, D.F. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro**. Technical Books, 2010. 176p.
- NESSIMIAN J.L., CARVALHO A.L. Ecologia de Insetos Aquáticos. **Séries Oecologia Brasiliensis**, PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, 1998.

- PECKARSKY, B.L., FRAISSINET, P.R., PENTON, M.A., CONKLIN Jr., D.J. **Freshwater macroinvertebrates of northeastern North America.** Cornell University Press, USA, 1990.
- PÉREZ, G.R. **Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia.** Colombia, 1987.
- PES, A.M.O., HAMADA, N., NESSIMIAN, J.L. Chaves de identificação de larvas para famílias e gêneros de Trichoptera (Insecta) da Amazônia Central, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 49, p. 181-204, 2005.
- REYNOLDS, C.S. The long, the short and the stalled: on the attributes of phytoplankton selected by physical mixing in lakes and rivers. **Hydrobiologia**, 289: 9-22, 1994.
- REYNOLDS, C.S. *The Ecology of Phytoplankton.* University Press, Cambridge, 2006.
- REYNOLDS, C.S., DESCY, J.P. The production, biomass and structure of phytoplankton in large rivers. **Archiv für Hydrobiologie/Suppl. band 113(1-4):** 161-187, 1996.
- REYNOLDS, C.S. *et al.* Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. **J. Plankton Res.**, v. 24, n. 5, 417-428, 2002.
- ROSEMBERG, D.M.; RESH, V.M. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates.** London: Chapman & Hall, 1996. 488 p.
- SENDACZ, S. *et al.* Limnologia de reservatórios do sudeste do Estado de São Paulo, Brasil. VIII. Zooplâncton. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.12, p.187-207, 1985.
- SERAFIM-JUNIOR, M. **Efeitos do represamento em um trecho do rio Iguaçu sobre a estrutura e dinâmica da comunidade zooplanctônica.** Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2002.
- SILVA, F.L, SILVEIRA, A.L, TALAMONI, B., RUIZ, S.S. Temporal variation of Chironomidae larvae (Insecta, Diptera) in the Batalha River, Midwestern São Paulo State, Brazil. **Ciência et Praxis** v. 2, n. 3, 2009.
- SUN, J.; LIU, D. Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. **Journal of Plankton Research**, v. 25, p. 1331-1346, 2003.

- THORP, J.H., COVICH, A.P. **Ecology and classification of North American freshwater invertebrates**. Academic Press, Inc. EUA, San Diego, USA, 1991.
- TRIVINHO-STRIXINO, S., STRIXINO, G. **Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo: Guia de identificação e diagnose dos gêneros**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos/Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, São Carlos, São Paulo, Brasil, 1995.
- UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodic. **Mitt. int. Verein. Limnol.**, v. 9, p. 1-38, 1958.
- VELHO, L.F.M. *et al.* Spatial and temporal variation in densities of testate amoebae in the plankton on the Upper Paraná River floodplain, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 411, p.103-113, 1999.
- VELHO, L.F.M., *et al.* Distribuição longitudinal da comunidade zooplanctônica em reservatórios. In: RODRIGUES, L., *et al.* (eds). **Biocenoses em reservatórios: Padrões espaciais e temporais**. São Carlos: RIMA, 2005. p. 129-140.
- VIEIRA, L.C.G. *et al.* Influence of spatial complexity on the abundance and diversity of periphytic rotifers, microcrustaceans and testate amoebae. **Archiv für Hydrobiologie**, v.170, p. 77-85, 2007.
- WETZEL, R.G.; LIKENS, G.E. **Limnological analysis**. 2 ed. New York: Springer-Verlag, 2000. 429 p.
- WIEDERHOLM, T. **Chironomidae of the Holartic Region**. Keys and Diagnoses. Part. 1 Larvae. Montala. Borgströms Tryckeri AB, (Entomologica Scandinavica, supplement 19), 1983.
- WIGGINS, G.B. **Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera)**. University of Toronto Press, 1977. 393 p.

ANEXO I . Resultados obtidos no monitoramento realizado em março de 2012, na área de influência da UHE Cana Brava. Os valores destacados em vermelho referem-se a resultados fora do limite preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/2005.

Variáveis / Pontos	Prof	1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
Temperatura ambiente (°C)		29	28	27	32	32	32	32	31	31	30	32	32	31
Temperatura da água (°C)	S	27,5	29,3	29,1	30,5	31,3	30,1	31,2	28,9	30,1	28,9	31,2	31,4	29,8
	M	27,3			29,9							28,6	30,2	
	F	27,1			29,5							28,1	29,8	
Transparência da água (m)		2,3	1,2	1,8	2,5	3,7	1,2	2,1	-	1,1	-	3,1	2,3	-
Turbidez (NTU)	S	2,61	8,87	2,45	2,73	1,51	1,35	59,3	1,65	4,63	2,6	1,32	2,08	12,4
	M	2,85			2,13							1,75	2,1	
	F	1,99			1,51							4,21	1,44	
Oxigênio dissolvido (mg/L)	S	3,1	6,5	8,0	6,6	7,6	7,0	6,5	4,2	6,3	6,4	7,0	8,1	8,2
	M	3,0			6,3							6,5	7,2	
	F	2,7			5,8							5,9	5,5	
pH	S	7,5	7,7	7,8	7,7	7,9	7,9	8,2	7,6	7,8	7,4	7,9	8,2	7,9
	M	7,3			7,6							7,6	7,9	
	F	7,2			7,5							7,7	7,5	
Condutividade elétrica	S	86	36	31	72	79	81	82	78	79	88	77	77	175
	M	85			72							79	77	
	F	87			74							79	80	
STD (mg/L)	S	43	16	15	35	39	37	41	39	37	45	39	38	87
	M	43			35							40	38	
	F	44			37							40	39	
Alcalinidade (mg/L)	S	36	17	16	31	34	33	18	33	34	34	33	34	56
	M	38			33							34	34	
	F	35			31							34	33	
CO ₂ livre (mg/L)	S	2,28	0,68	0,51	1,24	0,86	0,83	0,23	1,66	1,08	2,71	0,83	0,43	1,41
	M	3,81			1,66							1,71	0,86	
	F	4,42			1,96							1,36	2,09	
CO ₂ total (mg/L)	S	33,96	15,64	14,59	28,52	30,78	29,87	16,07	30,70	31,00	32,63	29,87	30,35	50,69
	M	37,25			30,70							31,63	30,78	
	F	35,22			29,24							31,28	31,13	

Variáveis / Pontos	Prof	1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
Cloretos (mg/L)	S	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	3
	M	<0,5			<0,5							<0,5	<0,5	
	F	<0,5			<0,5							<0,5	<0,5	
Sulfato (mg/L)	S	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	M	<1			<1							<1	<1	
	F	<1			<1							<1	<1	
Sulfeto (mg/L)	S	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
	M	0,001			0,001							<0,001	<0,001	
	F	0,001			<0,001							<0,001	<0,001	
Ferro total (mg/L)	S	0,45	0,46	0,29	0,22	0,14	0,14	1,89	0,19	0,18	0,12	0,13	0,1	0,94
	M	0,4			0,18							0,2	0,09	
	F	0,42			0,22							0,38	0,13	
Orto-fosfato (mg/L)	S	0,006	0,015	0,008	0,005	0,007	0,007	<0,001	0,009	0,013	0,011	0,013	0,009	0,022
	M	0,008			0,006							0,011	0,01	
	F	0,01			0,006							0,01	0,011	
Fósforo total (mg/L)	S	0,008	0,02	0,008	0,011	0,012	0,018	0,024	0,009	0,013	0,012	0,013	0,011	0,04
	M	0,008			0,012							0,013	0,01	
	F	0,012			0,007							0,01	0,011	
Nitrato (mg/L)	S	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,3	0,6	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	1,0
	M	0,2			0,3							0,4	0,3	
	F	0,2			0,3							0,6	0,2	
Nitrito (mg/L)	S	0,002	<0,001	0,002	0,002	0,003	0,003	<0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,003	0,001
	M	0,002			0,002							0,003	0,002	
	F	0,002			0,002							0,001	0,003	
N-amoniaco (mg/L)	S	0,28	0,14	0,33	0,05	<0,01	0,22	0,2	0,14	0,1	0,27	0,02	0,26	0,37
	M	0,33			0,15							0,11	0,12	
	F	0,46			0,18							0,33	<0,01	
Nitrogênio total (mg/L)	S	0,782	0,84	1,032	0,552	0,503	0,723	0,9	0,941	0,602	0,772	0,622	0,963	1,671
	M	0,932			0,752							0,813	0,722	
	F	1,162			0,882							1,231	0,503	
DBO ₅ (mg/L)	S	1,3	1,5	1,2	1,0	1,1	0,9	1,3	1,1	1,5	0,5	1,6	1,4	1,3

Variáveis / Pontos	Prof	1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
Óleos e graxas (mg/L)	S	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.
Coliformes totais	S	<18	230	210	170	<18	<18	2800	68	110	<18	78	20	2800
Coliformes termotolerantes	S	<18	45	78	<18	<18	<18	940	45	40	<18	<18	<18	2800

Juliana Machado do Couto Curti

Biól. MSc. Juliana Machado do Couto Curti
Diretora Técnica
CRBio n° 30921/D

Life Projetos Limnológicos
www.lifelimnologia.com.br

Fone/Fax: (62) 3223 1530

Rua 14A nº 99
CEP 74070-110 Setor Aeroporto
Goiânia - Goiás - Brasil

